



**Universidade de
Aveiro
2008**

Departamento de Electrónica,
Telecomunicações e Informática

**Carlos Eduardo
Marques Maia**

Central de Tele-ECG baseada em Web



**Carlos Eduardo
Marques Maia**

Central de Tele-ECG baseada em WEB

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Carlos Manuel Azevedo Costa, Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha família e amigos pelo incansável apoio.

o júri

Presidente

Prof. Doutor Joaquim Arnaldo Carvalho Martins
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Vogais

Prof. Doutor Rui Pedro Sanches de Castro Lopes
Professor Coordenador do Departamento de Informática e Comunicações da Escola
Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança

Prof. Doutor Carlos Manuel Azevedo Costa
Professor Auxiliar Convidado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Muitas pessoas colaboraram directa ou indirectamente para a elaboração desta dissertação. Quero aqui deixar os meus agradecimentos a algumas delas, não sendo possível em tão pouco espaço mencionar todas, ou sequer agradecer convenientemente às mencionadas.

Ao meu orientador, Prof. Carlos Costa, gostaria de agradecer todo o apoio que me forneceu e o modo disciplinado como conduziu o projecto e a elaboração da dissertação. Agradeço também todas as suas sugestões ao manuscrito que levaram a sucessivas revisões do texto, cujas eventuais falhas, são inteiramente da minha responsabilidade, que teriam sido muito mais numerosas não fosse por sua crítica constante e construtiva.

Ao Dr. José Ribeiro, pela a amabilidade de fornecer conteúdos importantes para o desenvolvimento de toda a plataforma.

A todos os meus amigos e em especial ao Afonso, Nelson e Rui agradeço por me terem ajudado a ultrapassar algumas das dificuldades que foram surgindo ao longo da elaboração deste projecto.

Ao meu irmão pelas prestigiosas opiniões acerca do desenvolvimento do *software* e pelo seu grande apoio prestado ao longo de todo o meu curso.

Aos meus pais, por me terem apoiado ao longo de todos estes anos, ensinando-me, principalmente, a importância dos meus próprios valores e a ganhar coragem para confrontar os diversos desafios, é graças a eles que hoje sou quem sou.

À Catarina, pelo seu amor e apoio, ajudando-me a ultrapassar alguns momentos mais difíceis ao longo de todo o curso.

Por fim, não posso deixar de mencionar os meus avós, que ao longo da minha vida têm sido uns verdadeiros amigos com quem posso sempre contar.

A todos eles, e aos que me esqueci de mencionar, todo o meu profundo agradecimento.

palavras-chave

Telemedicina, ECG, Cardiologia, Tele-ECG

resumo

O sinal eléctrico do coração é utilizado clinicamente como objecto de estudo do ECG, um exame complementar de diagnóstico. É um sinal com um longo historial de estudo, existindo actualmente mecanismos de interpretação automática. A sua acessibilidade e a rápida análise dos traçados fez com que o electrocardiograma se torna-se no elemento de diagnóstico primário da Cardiologia.

Actualmente existem diferentes formatos de dados disponibilizados pelos diversos fabricantes de electrocardiógrafos, o que torna bastante difícil a criação de sistemas integrados capazes de suportar conjuntos heterogéneos de equipamentos.

O presente trabalho propõe-se estudar e integrar um conjunto de conhecimentos associados às áreas da telemedicina e cardiologia, nomeadamente no contexto do Tele-ECG.

Na sequência do estudo efectuado sobre o estado da arte, esta dissertação apresenta a modelação, concepção e implementação de uma plataforma telemática de recolha, armazenamento e transferência de sinais de ECG, permitindo uma comunicação de dados entre os técnicos responsáveis pela recolha dos exames e os médicos especialistas que executam a análise e diagnóstico.

keywords

Telemedicine, ECG, Cardiology, Tele-ECG

abstract

The electrical signal of the heart is used clinically as a study object of ECG, an additional diagnosis exam. It is a signal with a long study history, nowadays mechanisms for automatic interpretation exist. Their accessibility and fast trace analysis led the electrocardiogram to become the element of primary diagnosis of Cardiology.

Currently there are different formats of data provided by various manufacturers of electrocardiographs, which makes it very difficult to develop integrated systems capable of supporting heterogeneous sets of equipment.

This work proposes to study and incorporate knowledge related to the areas of telemedicine and cardiology, particularly in the context of Tele-ECG.

In sequence of the study on the state of the art, this dissertation presents the modelling, design and implementation of a telematics platform for the acquisition, storage and transfer of ECG signs, allowing exchange of information between the technicians responsible for the collection of exams and medical specialists who perform the analysis and diagnosis.

Índice

1	Introdução	6
1.1	Enquadramento.....	6
1.2	Motivações e objectivos.....	7
1.3	Estrutura da dissertação	8
2	Telemedicina	10
2.1	Enquadramento Histórico	10
2.2	Definição	11
2.3	Aplicações.....	12
2.4	Paradigmas tecnológicos.....	13
2.5	Vantagens e limitações	14
2.6	Aspectos Ético-legais.....	16
2.6.1	A relação médico-paciente	17
2.6.2	Responsabilidade dos Intervenientes.....	18
2.6.3	História clínica do paciente	18
2.6.4	O consentimento do paciente.....	19
2.6.5	Sigilo e privacidade	19
3	Electrocardiografia	21
3.1	Enquadramento Histórico	21
3.2	Fisiologia do coração.....	24
3.3	Electrofisiologia do coração	26
3.3.1	As cinco fases da acção potencial	27
4	ECG – o exame da função cardíaca.....	29
4.1	O electrocardiograma digital.....	36
4.2	Formatos de suporte electrónico.....	37
4.2.1	aECG – annotated ECG.....	37
4.2.2	SCP-ECG.....	39
4.2.3	Outros formatos existentes	40
5	Conceptualização da plataforma.....	41
5.1	Objectivos.....	41
5.2	Arquitectura aplicacional	42
5.3	Diagrama de Use Case Geral:	43
5.4	Descrição dos actores e <i>Use cases</i>	44

5.4.1	Descrição dos actores	44
5.4.2	Descrição dos casos de utilização.....	44
6	Implementação da plataforma	54
6.1	Base de dados	54
6.1.1	Modelo Físico	55
6.2	Aplicação de Análise e Relatório	57
6.2.1	Autenticação do utilizador.....	57
6.2.2	Download do exame ECG	58
6.2.3	Parsing dos dados existentes no exame	60
6.2.4	Representação gráfica dos sinais	61
6.2.5	Geração de relatório.....	62
6.3	Implementação do Portal Web	64
6.3.1	Aspecto do Website	64
6.3.2	Autenticação do utilizador	65
6.3.3	Disponibilização de exames para análise	66
6.3.4	Consultar relatórios	67
6.3.5	Alterar dados da conta	68
6.3.6	Terminar sessão	68
7	Resultados:	69
7.1	ECGViewer – plataforma de visualização e realização de relatórios ECG	69
7.2	Portal da Central de Tele-ECG	74
8	Conclusões.....	80

Índice de Figuras

Figura 1: Electrómetro capilar	21
Figura 2: Notação de electrocardiograma sugerido por Einthoven	22
Figura 3: O primeiro electrocardiógrafo de mesa fabricado pela <i>Cambridge Scientific Instrument Company</i> em Londres	23
Figura 4: Vista interior de dois amplificadores ECG	24
Figura 5: O estado polarizado. Para cada Na^+ que difunde para dentro da célula, cerca de 75K^+ difundem para fora da mesma.	27
Figura 6: Acção potencial e os movimentos dos iões numa célula típica do miocárdio ventricular	28
Figura 7: Os eléctrodos e as seis derivações dos membros com a respectiva polaridade	30
Figura 8: Eixos de cada derivação formando o triângulo de <i>Einthoven</i>	30
Figura 9: O plano frontal e as derivações dos membros	31
Figura 10: (A) O posicionamento dos eléctrodos no peito e (B) As derivações pré-cordiais e como elas reflectem a superfície do miocárdio	32
Figura 11: Os eixos das seis derivações pré-cordiais	32
Figura 12: O plano horizontal e suas derivações associadas	32
Figura 13: Configurações normais de um ECG	33
Figura 14: (A) Forma de onda Q do complexo QRS. (B) Forma de onda R do complexo QRS. (C) Forma de onda S do complexo QRS.	34
Figura 15: Alterações normais num electrocardiograma relativamente à despolarização e repolarização dos vários tecidos cardíacos	35
Figura 16: Funcionamento global do sistema	42
Figura 17: <i>Packages</i> do sistema	43
Figura 18: Diagrama dos casos de utilização da Área dos Técnicos	45
Figura 19: Diagrama de actividades do caso de utilização “Upload de exames ECG” ..	46
Figura 20: Diagrama de actividades do caso de utilização “Consultar Relatórios” pendentes	47
Figura 21: Diagrama de actividades do caso de utilização “Alterar dados da conta”	48
Figura 22: Diagrama dos casos de utilização da Área de Médicos	49
Figura 23: Diagrama de actividades do caso de utilização “Download exame ECG” ...	50
Figura 24: Diagrama de actividades do caso de utilização “Visualizar exame ECG” ...	51

Figura 25: Diagrama de actividades do caso de utilização “Realizar relatório”	53
Figura 26: Modelo físico da base de dados desenvolvida	55
Figura 27: Workflow do processo de Login	58
Figura 28: Aspecto geral do processo de Download do exame ECG.....	59
Figura 29: Grelha criada para representação da escala.....	61
Figura 30: Aspecto geral do processo de envio do relatório	62
Figura 31: Estrutura da página de abertura do Website.....	64
Figura 32: Estrutura de navegação	65
Figura 33: Fluxograma do processo de autenticação.....	65
Figura 34: Fluxograma do processo de Upload de exame.....	66
Figura 35: Fluxograma do processo de consulta de relatórios	67
Figura 36: Fluxograma do processo de alteração dos dados da conta.....	68
Figura 37: Janela de autenticação	69
Figura 38: Listagem dos exames disponíveis para análise	70
Figura 39: Janela de visualização dos dados	71
Figura 40: Formulário de preenchimento do relatório.....	72
Figura 41: Página de abertura do Website desenvolvido	75
Figura 42: Página de upload de exames	75
Figura 43: Página de download de relatórios (novos ou antigos).....	77
Figura 44: Transferência do ficheiro relativo ao relatório seleccionado	77
Figura 45: Página de alteração dos dados da conta	78

Índice de tabelas

Tabela 1: Actividades de telemedicina desenvolvidas nos Hospitais portugueses.	13
Tabela 2: Principais características dos paradigmas Store & Forward e Real Time.....	14
Tabela 3: Vantagens da telemedicina	15
Tabela 4: Problemas que condicionam a utilização de sistemas de telemedicina	16
Tabela 5: Derivações dos membros e pré-cordiais	29
Tabela 6: Configurações de um ECG e a respectiva actividade a nível do coração.....	36
Tabela 7: Estrutura de dados do formato SCP-ECG	40
Tabela 8: Descrição do caso de utilização CaU1 Upload de exames ECG	45
Tabela 9: Descrição do caso de utilização CaU2 Consultar relatórios.....	47
Tabela 10: Descrição do caso de utilização CaU3 Alterar dados da conta	48
Tabela 11: Descrição do caso de utilização CaU4 Download exame ECG	50
Tabela 12: Descrição do caso de utilização CaU5 Visualizar exame ECG.....	51
Tabela 13: Descrição do caso de utilização CaU6 Realizar relatório.....	52

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Este estudo aborda a utilização de tecnologias de informação e telecomunicações na prestação de cuidados e serviços médicos, na área da cardiologia, mais especificamente na análise e tratamento de dados registados em electrocardiogramas (ECGs). Este equipamento permite realizar um exame complementar de diagnóstico não invasivo, primariamente utilizado para detecção de doenças cardíacas que são das principais causas de mortalidade em todo o mundo.

Os sistemas de Tele-ECG têm provado ser uma mais valia para os utentes de serviços de saúde, nomeadamente aqueles que sofrem de doenças cardiovasculares. A utilização destes sistemas permite uma rápida comunicação e interpretação remota do estudo, aspecto que adquire especial importância em cenários de isolamento geográfico ou emergência médica.

Nos dias de hoje, os equipamentos de aquisição deste tipo de exames (i.e. electrocardiógrafos) em formato digital são relativamente baratos, permitindo a sua utilização em pequenas cidades, áreas remotas ou países subdesenvolvidos, locais onde não há, muitas vezes, cardiologistas disponíveis. Este tipo de equipamento tem a capacidade de registar a informação recolhida com baixo volume de dados, facilitando o seu armazenamento e transporte entre diversos prestadores de serviços e cuidados de saúde. Além disso, a operabilidade destes equipamentos pode ser efectuada por pessoal pouco diferenciado, isto é, pessoas com relativamente pouca formação.

Todos os aspectos anteriormente referidos motivam à criação de sistemas de recolha e de armazenamento de ECGs em formato digital, permitindo que exames recolhidos em qualquer lugar do mundo possam ser devidamente analisados por pessoal qualificado, situados em unidades especializadas, normalmente nos grandes centros urbanos usando as mais variadas tecnologias de comunicação associadas.

Apesar da implementação dos sistemas anteriormente mencionados trazer inúmeras vantagens para os pacientes e profissionais de saúde envolvidos, existem também alguns problemas associados a este tipo de cenário. Um destes deve-se ao facto de cada fabricante de electrocardiógrafos optar por modelos de codificação dos dados clínicos completamente diferentes e não inter-operáveis. A ausência de uma normalização torna difícil a criação de um sistema centralizado de recolha e análise de ECGs, que seja capaz de realizar a interoperabilidade dos diferentes formatos existentes. Apesar de já existirem alguns formatos adoptados por fabricantes de electrocardiógrafos, a solução, que passa pela adopção de uma norma única para este tipo de formatos, ainda está longe de ser alcançada, criando uma enorme barreira ao nível de desenvolvimento de *software* aplicável ao processamento destes sinais.

A necessidade de acesso a meios tecnológicos para a implementação dos sistemas anteriormente mencionados é também outro problema existente, já que infelizmente estes meios ainda não estão disponíveis em todas as regiões do planeta.

1.2 Motivações e objectivos

A existência de unidades centrais especializadas e interligadas numa rede nacional ou global de recolha de dados, implica uma melhoria na eficácia da prestação dos cuidados de saúde, assim como uma economia de custos, pela eventual optimização de recursos humanos especializados. Associado a este factor, é ainda possível melhorar a qualidade de vida em zonas subdesenvolvidas ou em áreas remotas de difícil acesso, que muitas das vezes não possuem cuidados médicos especializados.

A intercomunicação entre os técnicos responsáveis pela aquisição dos exames e a unidade especializada para análise dos mesmos pode ser realizada usando as mais diversas tecnologias de telecomunicações existentes, tornando assim possível garantir as diversas necessidades impostas pelos diferentes cenários.

Este estudo tem como objectivos principais o enquadramento com a área de trabalho e conceitos associados, nomeadamente a telemedicina e os dados registados em ECGs, de modo a ser possível desenvolver um sistema centralizado, baseado em Web, que possibilite a recepção, registo, armazenamento e transmissão de ECGs. O desenvolvimento deste sistema deve permitir, por parte dos técnicos das diversas

instituições, a disponibilização de exames ECG adquiridos para análise de modo a ser possível aos médicos cardiologistas uma visualização dos mesmos, contendo todas as informações necessárias para geração de um relatório em formato PDF que será enviado para o lugar de proveniência do exame. Toda a implementação do sistema mencionado deve assegurar todos os aspectos de segurança e confidencialidade impostos na manipulação de dados clínicos.

Em suma, pretende-se possibilitar a troca de informação entre os técnicos responsáveis pela recolha de exames ECG e de cardiologistas, disponíveis 24 horas por dia, para análise dos mesmos, possibilitando a diminuição do intervalo de tempo entre a aquisição dos dados e uma correcta interpretação, por parte de um especialista.

1.3 Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação foi planeada para permitir uma contextualização progressiva dos conceitos envolvidos, de maneira a tornar a sua assimilação sequencial, fácil e objectiva.

No capítulo 2 é realizada uma abordagem ao tema da telemedicina. O objectivo deste capítulo é fornecer uma visão dos vários componentes essenciais que constituem a telemedicina. É também dada a conhecer uma perspectiva histórica deste tema.

O capítulo 3 aborda o tema da Electrocardiografia, iniciando-se com um carácter histórico sobre a origem dos conceitos associados. É estudada a fisiologia e a electrofisiologia do coração de modo a perceber sucintamente o seu modo de funcionamento, quer a nível físico como eléctrico.

No capítulo 4 é feito o estudo detalhado dos sinais eléctricos captados pela realização de um electrocardiograma, enunciando a forma como estes são registados, bem como a análise das diferentes zonas associadas à representação gráfica do sinal.

A conceptualização da plataforma é realizada no capítulo 5, em que são descritos os diversos processos desenvolvidos na implementação da plataforma.

O capítulo 6 retrata as principais tarefas associadas à construção da plataforma. Neste capítulo é descrito o desenvolvimento da aplicação a ser utilizada por parte dos médicos e também o desenvolvimento do Portal Web a ser utilizado por parte dos técnicos responsáveis pela gestão dos exames para análise.

No capítulo 7 são apresentados os resultados do trabalho desenvolvido na concretização da Central de Tele-ECG. Este capítulo está subdividido em duas partes: apresentação da aplicação cliente de leitura de ECG e do sistema de informação do Portal Web. Em cada um destes pontos, são apresentados “*screenshots*” informativos que evidenciam os aspectos mais significativos de utilização.

O capítulo 8 aborda as conclusões extraídas da implementação do sistema desenvolvido e da elaboração desta dissertação. São também abordados trabalhos futuros relacionados com a implementação.

2 Telemedicina

2.1 Enquadramento Histórico

É difícil especificar uma data na qual foi iniciado o uso de telecomunicações no suporte a actos clínicos. Registos históricos apontam para que o conceito de telemedicina possa ter origem há séculos atrás. Um dos primeiros relatos refere-se à transmissão de informação sobre pestilência bubônica por heliógrafo. No entanto, só mais recentemente temos exemplos mais documentados como a utilização do telégrafo durante a Guerra Civil Americana para transmitir listas de vítimas e pedir materiais médicos.

Em 1900, o telefone já estava em uso, e os médicos foram um dos primeiros grupos profissionais a adoptá-lo, tornando-se o meio de comunicações médicas mais usado até aos dias de hoje.

Durante a 1ª guerra mundial, o rádio foi utilizado para conectar médicos com estações costeiras ou frentes de batalhas, com hospitais de retaguarda ou navios em busca de apoio e informações logísticas. Em 1930 o rádio também foi utilizado em zonas remotas tais como o Alaska e Austrália para transferir informações médicas [1], assim como nos conflitos Coreanos e Vietnamitas que era usado regularmente para ordens de despacho de equipas médicas e helicópteros.

Na década de 50, os desenvolvimentos em televisão de circuito fechado e telecomunicações de vídeo foram reconhecidos como potenciais meios de suporte a actos médicos. Deste modo, em 1964 foi estabelecida a primeira ligação de vídeo interactiva entre o Instituto Psiquiátrico de Nebraska, em Omaha e o Hospital Norfolk State, a uma distância de 112 milhas [2].

Pode-se afirmar que as plataformas de telemedicina actuais têm como origem o desenvolvimento, por parte da NASA, do programa de voo espacial tripulado, iniciado em 1958 e intitulado de projecto Mercury. Vários cientistas e engenheiros desenvolveram sofisticados sistemas de telemetria e de telecomunicações para que

vários sinais fisiológicos dos astronautas em órbita pudessem ser monitorizados com sucesso por médicos na terra.

Nos dias de hoje, os avanços tecnológicos acelerados nas telecomunicações e na própria medicina tem contribuído para a mudança de paradigma da prestação de saúde. Neste cenário, a telemedicina tem uma enorme oportunidade de expansão nas diferentes áreas clínicas. O uso das mais recentes tecnologias permite fornecer um serviço de saúde cada mais vez mais eficiente e ao alcance de todos, onde quer que esteja [3].

2.2 Definição

Telemedicina pode ser definida muito genericamente como o uso de tecnologias de comunicações para fornecer informação e serviços médicos. No entanto existem várias definições propostas por diversas entidades, mas quase todas com pontos de convergência. A OMS (Organização Mundial da Saúde) contempla a oferta de serviços e também a educação/formação dos prestadores de saúde, afirmando que a telemedicina é “a oferta de serviços ligados aos cuidados com a saúde, nos casos em que a distância é um factor crítico; tais serviços são providos por profissionais da área da saúde, usando tecnologias de informação e de comunicação para o intercâmbio de informações válidas para diagnósticos, prevenção e tratamento de doenças e a contínua educação de prestadores de serviços em saúde, assim como, para fins de pesquisas e avaliações; tudo no interesse de melhorar a saúde das pessoas e das suas comunidades” [4]. Já a ATA (American Telemedicine Association) acrescenta a educação do paciente em si, denominando a telemedicina como “o uso de informação médica veiculada de um local para outro, por meio de comunicação electrónica, visando à saúde e educação dos pacientes e do profissional médico, para assim melhorar a assistência de saúde” [5].

Esta tecnologia é muitas vezes utilizada para ligar áreas remotas, medicamente carenciadas, de modo a fornecer um serviço de saúde de qualidade com ajuda à distância. O termo engloba um diverso conjunto de tecnologias e aplicações, que podem ir desde uma simples conversa telefónica entre profissionais de saúde, até ao mais sofisticado sistema de videoconferência.

É comum utilizarem-se outros conceitos no contexto da telemedicina, tais como tele-saúde, telemática, etc. A telemedicina normalmente refere-se mais ao fornecimento

de serviços clínicos, enquanto que o termo telesaúde refere-se à integração de sistemas de comunicação na prática da protecção e promoção da saúde, cobrindo a educação para a saúde e o desenvolvimento de sistemas de saúde. Entende-se por telemática em saúde como a utilização de serviços e sistemas à distância por meio das mais variadas tecnologias da informação e de comunicação de modo a controlar doenças e cuidados com saúde, instrução ao paciente entre outras.

2.3 Aplicações

A telemedicina pode ser aplicada na maioria das áreas dos serviços de saúde presentes nos dias de hoje, há no entanto algumas onde tem especial interesse em ser aplicada, por introduzir uma significativa melhoria na qualidade dos serviços, nomeadamente serviços de emergência, onde pela introdução de sistemas de comunicações pode melhorar em muito a assistência a sinistrados. Pode-se também mencionar o melhoramento da assistência domiciliar, nomeadamente a camadas idosas e/ou pessoas possuidoras de deficiências que nem sempre têm presente a possibilidade de serem socorridas [6].

Para cada especialidade da medicina convencional, tem existido um grande avanço tecnológico associado com diferentes níveis de maturação, existindo um melhoramento significativo no que diz respeito aos serviços de saúde prestados.

Existem inúmeras aplicações de telemedicina nos dias de hoje, no entanto as mais utilizadas e mais frequentemente referenciadas são:

- A **Teleconsulta**, onde o paciente tem a capacidade de enviar informações pessoais a um profissional de saúde de modo a ser possível a realização de um diagnóstico, utilizando, por exemplo, formulários em ambiente WEB ou um simples sistema de videoconferência.
- A **Teleradiologia** que, regra geral, consiste na transmissão de imagens radiológicas de pacientes com o intuito de serem interpretadas e/ou consultadas remotamente;
- A **Telecirurgia** permite a manipulação remota de instrumentos cirúrgicos tradicionais com recurso a robôs que são controlados por cirurgiões fisicamente

distantes da sala de cirurgia ou o acompanhamento de cirurgias à distância através de vídeo-conferência;

- A **Telemonitorização** consiste no registo de dados vitais de um paciente num local remoto e, conseqüentemente, o envio dos mesmos para análise e interpretação por profissionais de saúde substituindo em muitos casos o internamento hospitalar.

Apesar destas aplicações aqui identificadas serem as mais divulgadas, o conceito de telemedicina é de aplicação muito vasta e pode ser tão simples como dois médicos discutirem ideias associadas a um caso clínico por telefone, ou tão sofisticado como realizar uma videoconferência entre dois países usando comunicação via satélite.

No que diz respeito às actividades de telemedicina desenvolvidas em Portugal, dados de 2006, recolhido num inquérito à utilização de tecnologias da informação e da comunicação nos hospitais [7], identificam-se as seguintes áreas como preponderantes: o Telediagnóstico, a Teleconsulta, a prescrição electrónica, a Telemonitorização e a transmissão electrónica de credenciais.

Actividade	Ano 2006
Telediagnóstico	21
Teleconsulta	15
Prescrição electrónica	8
Telemonitorização	4
Transmissão electrónica de credenciais	2
2006, (%) Hospitais com ligação à Internet	

Tabela 1: Actividades de telemedicina desenvolvidas nos Hospitais portugueses.

2.4 Paradigmas tecnológicos

Actualmente o desenvolvimento de sistemas de telemedicina assenta em dois paradigmas distintos: *Store & Forward* e *Real Time* [8].

O *modus operandi* designado como "**store-and-forward**" consiste no armazenamento e envio de informação à distância utilizando meios de comunicação adaptados à situação. Este paradigma é normalmente utilizado em situações de não emergência, quando o diagnóstico ou consulta pode ser feita nas próximas 24/48 horas. Como exemplo temos a comunicação assíncrona entre doentes e profissionais de saúde utilizando, por exemplo, a troca de e-mail com informação necessária (i.e. imagens,

sintomas) para a elaboração de diagnóstico ou consulta. A Radiologia e a Cardiologia são as especialidades onde este modelo mais se encaixa existindo nos dias de hoje, inúmeros centros que implementam sistemas para recolha, análise e envio de resultados de exames efectuados. Neste paradigma enquadram-se ainda repositórios de informação disponibilizados através de Websites.

O paradigma “**Realtime**” baseia-se na utilização de sistemas capazes de disponibilizar interactividade em tempo real entre os participantes, seja apenas via texto, áudio ou videoconferência. Neste tipo de telemedicina podemos incluir realizações tão simples como estabelecimento de uma chamada telefónica ou tão complexas como intervenções cirúrgicas remotas. Apesar de ainda apresentar custos bastante elevados para muitas instituições devido aos seus requisitos, a tecnologia que potencia este *modus operandi* tem vindo a sofrer uma diminuição no preço e complexidade.

A utilização de um ou outro paradigma está directamente relacionada com a natureza do procedimento médico que se pretende informatizar e, obviamente, com o orçamento disponível. Em regra, o “*store-and-forward*” apresenta custos mais baixos não necessitando de grandes recursos no que diz respeito ao meio de comunicação. Em suma, é mais barato e fácil de desenvolver. A sua principal desvantagem relativamente ao “*Realtime*” reside na baixa interactividade não permitindo desenvolver processos onde é fundamental a existência de uma relação em tempo real.

A tabela seguinte apresenta sucintamente algumas das características dos dois paradigmas.

	Store&Forward	Real Time
Interactividade com o paciente	Não	Sim
Tempo de resposta	Retardado	Imediato
Qualidade de imagem (quando aplicado)	Alto	Baixo
Largura de banda requerida	Baixo	Alto
Custo	Baixo	Alto
Necessidade de agendamento	Baixo	Alto
Conveniência	Alto	Baixo

Tabela 2: Principais características dos paradigmas Store & Forward e Real Time

2.5 Vantagens e limitações

A utilização da telemedicina, fornece inúmeras vantagens, principalmente para os pacientes condicionados por factores geográficos e que não têm fácil acesso a

especialistas. A possibilidade de transmissão de dados clínicos para qualquer lado do mundo de modo a serem analisado por especialistas, não só facilita os serviços dos próprios especialistas como também diminui possíveis riscos e custos inerentes ao transporte do paciente, permitindo fazer o diagnóstico de maneira muito mais rápida.

Existem situações em que normalmente não é possível disponibilizar no local todos os cuidados médicos necessários. Nestas situações, se forem implementados mecanismos de comunicação à distância, torna-se possível a orientação dos doentes, possibilitando uma assistência domiciliar de boa qualidade. São exemplo disso, os casos em que os pacientes vivem acamados ou são possuidores de grandes dificuldades de locomoção.

Em termos económicos, a telemedicina pode aumentar a eficácia dos serviços, originando redução de custos ou, pelo menos, melhorar a relação qualidade/preço, e ainda uma eventual redução do período de internamento.

De um modo muito generalista, a Tabela 3 apresenta as principais vantagens que a implementação de actividades da telemedicina fornece ao doente, ao médico e à instituição/entidade prestadora de serviços.

Doente	Médico	Instituição
Acesso facilitado a especialistas.	Acesso facilitado ao diagnóstico de especialistas e colaboração multi-disciplinar.	Extensão de cobertura de serviços.
Conveniência e conforto (menos deslocações).	Quebra de isolamento.	Racionalização de investimentos.
Suavização do factor isolamento.	Acesso a formação e informação.	Diminuição de despesas.
Possível acesso 24/24 horas pelo doente a informação e cuidados médicos, qualquer que seja o local em que se encontre.	Faculta o acesso 24/24 horas pelo médico a dados sobre o doente, qualquer que seja o local em que este se encontre.	Flexibilidade acrescida na gestão dos recursos.
		Melhor articulação entre níveis de cuidados.

Tabela 3: Vantagens da telemedicina

Apesar dos aspectos referidos anteriormente, a telemedicina possui também algumas limitações, nomeadamente a indisponibilidade de modernos meios telemáticos em algumas regiões do planeta onde esta facilidade é eventualmente mais útil. Além

disso, o diagnóstico mesmo que seja mais preciso e o tratamento correcto, não implica uma satisfação e bem-estar do paciente. O estabelecimento de uma relação médico-paciente de confiança, aspecto muitas vezes fundamental, pode ser perdido na prática da telemedicina. Mesmo que na prática da actividade se utilize os mais modernos sistemas de áudio e vídeo de alta resolução, muitos dos comportamentos que permitem o estabelecimento da relação médico-paciente podem não ser notados criando uma relação muitas das vezes sem confiança.

O financiamento é ainda uma grande barreira a ser ultrapassada na telemedicina, uma vez que o custo de investimento em equipamentos, assim como a necessidade de uma equipa de técnicos especializados para a manutenção do sistema, exigem uma fonte de financiamento pública ou privada que os subsidiem até que a telemedicina possa gerar a sua própria receita operacional.

Em suma, existem diversos problemas que condicionam a utilização de sistemas de telemedicina. Na tabela seguinte são apresentados alguns desses problemas.

Social	Ético-legais	Segurança e Confiança	Económicos
Resistência a mudanças organizacionais e comportamentais relevantes nos serviços de saúde.	Definição de responsabilidade clínica.	Garantir ao doente privacidade e confidencialidade	Investimento elevado em tecnologia
Preconceitos tecnológicos.	Quanto menor for a informação obtida sobre um doente, tanto maior será a probabilidade de conclusões erradas.	Garantir identificação genuína dos intervenientes.	Qualidade do meio de comunicação
	Pode tornar menos humana a relação médico-paciente.	Segurança no meio de comunicação utilizado.	

Tabela 4: Problemas que condicionam a utilização de sistemas de telemedicina

2.6 Aspectos Ético-legais

As normas éticas da utilização da telemedicina encontram-se contempladas na Declaração de TelAviv, adoptada na 51ª Assembleia Geral da Associação Médica Mundial, em Outubro de 1999, em Israel [9].

No entanto, verifica-se uma ausência de normas internacionais e de órgãos mediadores capazes de definir e/ou limitar normas ético-legais na telemedicina, dando origem a questões relativas à confidencialidade e segurança dos dados transmitidos.

Existem princípios da ética médica que são postos em causa pela telemedicina, nomeadamente a relação médico-paciente. Criam-se também problemas de ordem jurídica, uma vez que fica omitida a interacção física do exame clínico.

Quando um paciente realiza uma consulta utilizando o método de teleconsulta, não existe o contacto pessoal entre o médico e o examinado podendo dar origem a incerteza, insegurança e/ou desconfiança das informações dadas pelo paciente. Por outro lado, o paciente muitas vezes teme pela qualificação do médico que está do outro lado e pela confidencialidade das suas declarações. Este facto pode levar a que seja feito um diagnóstico baseado em informações escassas e/ou incertas.

Na relação médico-paciente, independentemente do processo electrónico utilizado, o fundamento básico dos procedimentos não se pode afastar dos princípios incondicionais da ética médica.

No contexto dos aspectos ético-legais, importa salientar os seguintes elementos, mencionados na declaração de TelAviv.

2.6.1 A relação médico-paciente

A telemedicina pode potenciar a melhoria da relação entre o médico e o paciente através da criação de mais oportunidades para a comunicação, tornando o acesso mais fácil de ambas as partes. No entanto, é essencial que o médico e o paciente se possam identificar com confiança e que esteja sempre garantida a privacidade e confidencialidade profissional. O profissional de saúde é obrigado a informar o paciente sobre os potenciais riscos deste tipo de assistência e de não forçar a livre participação do paciente no acto.

A telemedicina deve-se limitar a situações onde o médico não possa estar fisicamente presente num período de tempo aceitável. A utilização desta ferramenta em cenários de emergência tem aspectos sensíveis como a criação de opinião do médico pode basear-se em informação incompleta ou imprecisa. No entanto, nesses casos a urgência clínica da situação em causa será o factor determinante para se aplicar um tratamento e/ou uma opinião. Em todo o caso o médico é sempre responsável legal pelas suas decisões [10].

2.6.2 Responsabilidade dos Intervenientes

É falso afirmar que a decisão de utilizar ou recusar a telemedicina seja baseada somente no possível benefício do paciente, uma vez que o médico por si só não possui liberdade absoluta de utilizar conselhos à distância, principalmente se isso envolver a confidencialidade em favor do paciente. Os médicos têm a necessidade de assumir a responsabilidade de cada caso, incluindo o diagnóstico, tratamento e intervenções médicas directas. Este tipo de responsabilidade também está presente quando o médico, por alguma razão, solicita uma opinião remota de outro colega, ficando responsável pela condução do tratamento do paciente.

O médico responsável deve ainda assegurar que todos os profissionais de saúde envolvidos no processo da telemedicina, nomeadamente na recepção ou transmissão de dados, têm a formação e competência necessária para garantir uma utilização correcta da mesma.

Por outro lado, o médico consultado só deve tomar decisão relativamente ao paciente, se a qualidade da informação recebida for suficientemente boa para o caso em estudo, já que existe uma probabilidade acrescida de ocorrência de erros na interpretação de dados clínicos à distância.

Relativamente ao paciente, este também tem responsabilidades no processo, nomeadamente no que diz respeito à qualidade e quantidade da informação disponibilizada ao médico. Nas situações em que é o próprio paciente que assume a responsabilidade de transmissão de dados clínicos ao médico, é obrigatório que este tenha uma formação adequada dos procedimentos necessários para a sua realização, e que entenda com clareza a importância da sua responsabilidade no processo.

2.6.3 História clínica do paciente

Todos os profissionais de saúde envolvidos na telemedicina devem manter registos clínicos detalhados dos pacientes, assim como das decisões tomadas e da informação em que se baseou para as realizar. Os métodos electrónicos utilizados no arquivamento destes tipos de dados devem garantir a protecção da informação registada, garantindo a confidencialidade dos dados do paciente.

2.6.4 O consentimento do paciente

Apenas se o paciente consentir é que as informações pessoais podem ser transmitidas ao médico e/ou profissional de saúde. O seu consentimento subdivide-se em dois tipos, o informado e o esclarecido. O consentimento informado baseia-se em pressupostos tais como a plena capacidade física e mental do paciente e passa pela explicação sobre a utilização da informação recolhida. Já o consentimento esclarecido entende-se como o consentimento dado por um paciente “apto” para entender uma proposta isenta de influência ou indução.

O esclarecimento dado ao paciente não pode ter um carácter estritamente técnico centrado apenas na doença ou no procedimento a ser realizado, isto é, a linguagem utilizada para o esclarecimento deve ser “traduzida” para uma terminologia perceptível para o paciente, minimizando-se deste modo interpretações duvidosas. É no entanto correcto informar o paciente dos resultados esperados, assim como dos riscos associados à intervenção/tratamento.

Por vezes o paciente não pode dar o seu consentimento por factores específicos (menor de idade, distúrbios mentais, etc), nestes casos o consentimento deve ser obtido através dos seus responsáveis legais.

2.6.5 Sigilo e privacidade

O sigilo médico compreende factos que se traduzem numa obrigação moral e legal que assenta sobre uma noção de ordem pública e de interesse social.

Como referido anteriormente, apenas com o consentimento do paciente é que a informação pode ser revelada ao médico/profissional de saúde. Estas informações devem ser alvo de todas as medidas de segurança recomendáveis para as várias tecnologias de informação e comunicação electrónicas, sendo assim possível garantir a privacidade e confidencialidade a qual o paciente tem direito.

Tal como é referenciado na Declaração Universal dos Direitos Humanos, “o direito de cada pessoa ao respeito de sua vida privada” [11], o que nos diz que a privacidade de qualquer indivíduo consagra a defesa da liberdade por princípio constitucional e por privilégio garantido na conquista da cidadania. Deste modo, deve-se entender que o segredo é algo que pertence sempre ao paciente e que este apenas deposita as suas confidências ao médico/profissional de saúde. Apesar disto, o dever da guarda da informação partilhada pelo paciente deve-se não apenas pela exigência por parte deste, mas também pelas obrigações deontológicas dos profissionais de saúde. Em suma, a protecção do segredo é um património público.

Apesar de todos estes aspectos mencionados, a verdade é que o sigilo profissional vai sendo “contestado” a par do uso da telemedicina na resposta a novas necessidades da sociedade. Por exemplo, quando existem actos médicos a serem televisionados ao vivo ou existe a transmissão de sinais vitais de um paciente remoto pelas mais variadas formas de comunicação, o sigilo médico é colocado num plano ético de limites conflituantes. Desta forma, o sigilo médico é o problema deontológico muito discutido nos dias de hoje perante uma progressão tão rápida dos meios tecnológicos que suportam as actividades de telemedicina.

Resumindo, a privacidade da informação clínica de um indivíduo é uma exigência em todas as sociedades organizadas, um princípio constitucional e um ganho protegido pelo direito público, regulamentado juridicamente. A quebra do sigilo profissional dá origem a uma grave ofensa à liberdade do indivíduo. Nos casos em que exista necessidade de quebra do sigilo, o médico/profissional de saúde deve fazer entender que a revelação da informação foi realizada a pedido do paciente ou dos seus responsáveis legais, por dever legal ou por justa causa.

3 Electrocardiografia

3.1 Enquadramento Histórico

O conhecimento de bioelectricidade começou quando L. Galvani observou, em 1787, que um músculo de uma rã contraiu-se quando exposta a um processo de descarga eléctrica. Galvani criou a ideia de electricidade animal. No entanto, só com o desenvolvimento de galvanómetros sensíveis foi possível provar que existem correntes dentro da própria rã. Mutteucci demonstrou em 1843, que também se poderia medir corrente eléctrica do coração em estado de repouso. DuBois-Reymond investigou com mais detalhe este fenómeno e criou um instrumento capaz de fornecer estímulos aos músculos e medir correntes de descarga, ao qual se deu o nome de reótomo [12].

O primeiro a obter graficamente as variações do potencial eléctrico, em ordem ao tempo, do coração da rã, foi Enfelmann em 1878. Para isso, utilizou uma versão modificada do instrumento de DuBois-Reymond.

Em 1887-1888, Augustus Desiree Waller conseguiu gravar potenciais eléctricos associados com o batimento cardíaco da superfície corporal. Waller efectuou os seus estudos usando o instrumento anteriormente inventado pelo físico francês Gabriel Lippman em 1873, o electrómetro capilar.

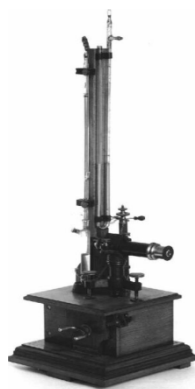


Figura 1: Electrómetro capilar

O electrómetro capilar é um instrumento em que pequenas quantidades de corrente são detectadas pelo movimento de um menisco de mercúrio num tubo capilar.

Entre 1893 e 1896, George Burch e Willem Einthoven desenvolveram métodos para calibrar os sinais obtidos através do electrómetro capilar, conseguindo prever a forma do sinal que, como se veio a verificar, já estava muito próxima da verdadeira forma ECG conhecida actualmente.

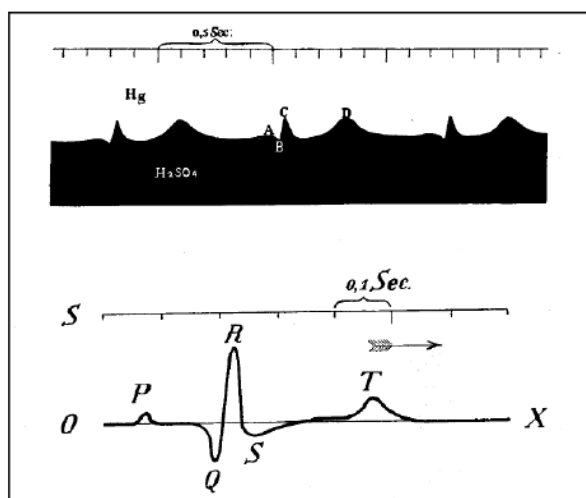


Figura 2: Notação de electrocardiograma sugerido por Einthoven

Apesar dos excelentes resultados obtidos por Einthoven, este não ficou satisfeito com a lentidão e pouca exactidão do electrómetro capilar e, em 1900, começou a desenvolver o seu novo projecto do galvanómetro. O primeiro electrocardiógrafo de Einthoven pesava cerca de 270 Kg e eram necessárias 5 pessoas para o operar. Várias companhias mostraram-se interessadas em redesenhar o aparelho de forma a poder ser comercializado. O mais popular modelo foi o primeiro electrocardiógrafo de mesa a ser fabricado pela *Cambridge Scientific Instrument Company* em Londres.

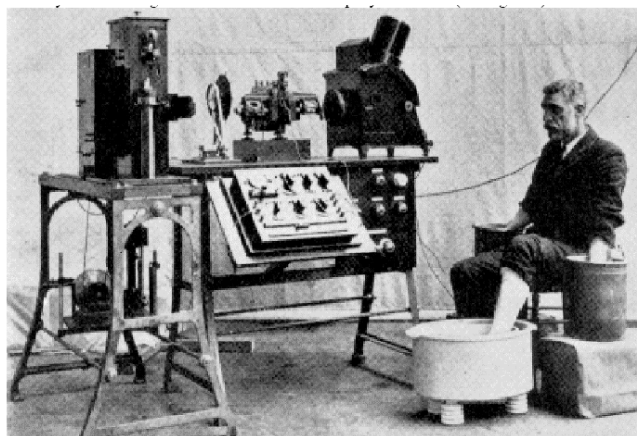


Figura 3: O primeiro electrocardiógrafo de mesa fabricado pela *Cambridge Scientific Instrument Company* em Londres

Usando o electrocardiógrafo de Einthoven, o próprio inventor juntamente com Sir Thomas Lewis, entre outros, iniciaram um processo de pesquisa que visava a interpretação do sinal de ECG. Em 1913 foi publicado o primeiro artigo científico que se mostrou fundamental para a criação dos primeiros standards de ECG e para a adopção da electrocardiografia como uma ferramenta não invasiva de diagnóstico cardíaco. Com a descoberta do mecanismo do electrocardiógrafo, Einthoven ganhou o prémio Nobel em 1924.

Com o aparecimento das válvulas, os pequenos sinais eléctricos do coração passaram a poder ser amplificados. Em 1928 Ernestine e Levine foram os primeiros a descrever o uso de válvulas para amplificação dos sinais do electrocardiograma [13]. Ainda no mesmo ano, uma companhia de Frank Sanborn conseguiu desenvolver a primeira versão portátil de um electrocardiógrafo, que pesando cerca de 22 Kg, era alimentado por uma bateria de carro. Pouco tempo depois, a produção de electrocardiógrafos portáteis estaria massificada.

Outro passo significativo foi dado com a invenção do tubo de raios cátodos. O osciloscópio de raios cátodos melhorou consideravelmente a gravação física das características do electrocardiograma.

Para uma exploração dos electrocardiógrafos em grande escala em clínicas, foi necessário desenvolver instrumentos capazes de fazer o registo permanente dos sinais. O primeiro sistema foi desenvolvido por Duchosal e Luthi na Suíça no ano 1932, e comercializado pela companhia Hellige Instrument. Foram usados diferentes princípios para escrita em papel que geraram discussões sobre a fidelidade dos registos obtidos. Mais tarde, com o desenvolvimento do sistema a jactos de tinta, pela Siemens Elema, a

aceitação foi unânime. O sistema era capaz de fazer a gravação dos sinais em papel a uma frequência até 800 Hz.

Mais recente, a introdução de computadores no ramo da electrocardiografia dotados com sistemas de impressão térmicos e impressoras a laser, levou à substituição dos equipamentos convencionais.

Por último, a introdução da tecnologia dos semicondutores acelerou vertiginosamente a miniaturização dos sistemas de electrocardiografia. Já é muito comum encontrar amplificadores ECG “*stand-alone*”, inferiores ao tamanho da palma da mão, que possuem conversores A/D. Desta forma, possibilita-se a transmissão do sinal ECG em formato digital para um computador, usando cabos ou mesmo tecnologias sem fios (eg. infrared, Bluetooth).

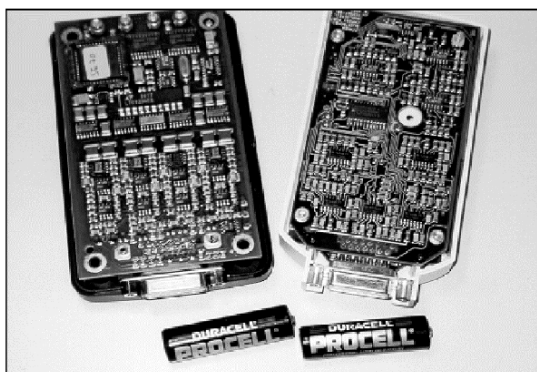


Figura 4: Vista interior de dois amplificadores ECG

Como está ilustrado na Figura 4, os componentes são montados na superfície, usando a tecnologia SMT (*Surface Mount Technology*). Tudo leva a supor que futura miniaturização será feita utilizando ASICs (*Application Specific Integrated Circuits*).

3.2 Fisiologia do coração

O coração é um músculo oco que funciona como uma bomba impulsionadora e aspirante de fluxo sanguíneo. Esta dupla função é desempenhada através dos alternados e sincronizados movimentos de contracção e dilatação [14]. O miocárdio é um músculo autónomo que possui o seu próprio sistema nervoso denominado como cardionector.

O coração está dividido em quatro cavidades: dois ventrículos e duas aurículas. Estes são separados por septos (auriculoventricular, interventricular e interauricular).

Aos vasos que desaguam no coração dá-se o nome de veias (que são seis), duas veias cavas (superior e inferior) e quatro veias pulmonares que desaguam na aurícula direita e esquerda, respectivamente, na base do coração. Os vasos chamados artérias (duas no total) são responsáveis pelo transporte do sangue para as diversas partes do corpo. Estas emergem da face anterior do coração: a artéria pulmonar do ventrículo direito e a artéria aorta no ventrículo esquerdo.

Existem três fases principais envolvidas em cada batimento do coração: a sístole auricular, a sístole ventricular e a diástole geral.

Na fase de sístole auricular as duas aurículas contraem-se simultaneamente. A aurícula direita recebe o sangue da veia cava e a aurícula esquerda das veias pulmonares. O sangue é então impulsionado para os ventrículos. Ao mesmo tempo, o sangue projectado pela contracção provoca a abertura das válvulas auriculo-ventriculares que se fecham logo que a contracção pára. A duração normal da sístole auricular é de 1/10 de segundo.

A sístole ventricular ocorre após a sístole auricular. Nesta fase, os dois ventrículos contraem-se simultaneamente e o sangue é impulsionado para o corpo e para os pulmões através das artérias aorta e pulmonar, respectivamente. Esta impulsão faz com que se abram as válvulas sigmóides. Nesta fase, as válvulas ventriculares estão fechadas para evitar o retorno do sangue para as aurículas. A duração normal da sístole ventricular é de 3/10 de segundo. Após esta fase, as válvulas sigmóides fecham-se para impedir que o sangue regresse aos ventrículos.

Finalmente, na diástole geral, os dois ventrículos e as duas aurículas relaxam simultaneamente. Esta fase tem uma duração normal de 4/10 de segundo e o coração encontra-se em repouso. O ciclo completo tem uma duração aproximada de 0.8 segundos.

A diferença de pressão criada nas cavidades do coração pelas contracções dos músculos permite a aspiração/impulsão do fluxo sanguíneo. Esta alternância de dilatação e de contracção denomina-se revolução cardíaca ou, mais frequentemente, ciclo cardíaco.

3.3 Electrofisiologia do coração

A acção coordenada de contracção e dilatação das cavidades do coração fornece a força necessária para fazer circular o sangue. A sequência correcta desta acção só é possível quando está presente um sistema de condução eléctrico saudável [15].

O coração contrai por se gerar e propagar potenciais de acção, o que se reflecte em correntes eléctricas que caminham através das membranas celulares do coração. Quando o coração está relaxado, não se gera qualquer potencial de acção e as fibras do músculo cardíaco estão no estado polarizado. Durante este período, existe uma diferença de carga eléctrica (ou diferença de potencial) através das fibras celulares do coração. Esta diferença eléctrica entre os electrólitos dentro das membranas celulares e os electrólitos fora das membranas celulares é chamada de “*resting membrane potential*” (RMP).

Os principais electrólitos responsáveis pela diferença eléctrica através da RMP são o potássio (K^+), sódio (Na^+) e o cálcio (Ca^{++}). Tal como todas as outras células do corpo humano, a concentração de K^+ é maior dentro das células cardíacas. O inverso acontece com o Na^+ e o Ca^{++} , em que a concentração no exterior é maior.

No estado de polarização as células cardíacas têm um potencial eléctrico interior entre -60 a -90mV [15]. Esta diferença de potencial deve-se ao facto de que no estado de polarização, o bombeamento de Na^+/K^+ estabelece um aumento da concentração de iões Na^+ fora da célula e um aumento da concentração de iões K^+ dentro da célula. Ambos os iões difundem através dos seus gradientes de concentração, isto é, K^+ difunde para fora da célula, enquanto que ao mesmo tempo, Na^+ difunde para dentro da célula. Para cada 50 a 75 iões K^+ que difundem para fora da célula, apenas um ião Na^+ difunde para dentro da célula. Este rácio resulta numa deficiência de catiões dentro da célula, ou seja, é gerada uma diferença eléctrica (RMP) entre os electrólitos dentro da célula e os electrólitos fora da célula (Figura 5) [16].

A criação de polaridade eléctrica através da membrana celular e as mudanças de polaridade que ocorrem na resposta a estímulos eléctricos são cruciais para as habilidades de contracção das fibras musculares, especialmente no miocárdio [15].

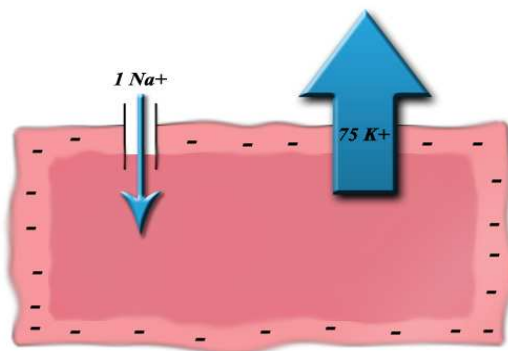


Figura 5: O estado polarizado. Para cada Na^+ que difunde para dentro da célula, cerca de 75K^+ difundem para fora da mesma.

3.3.1 As cinco fases da acção potencial

Existem cinco fases electrofisiológicas da acção potencial que são fundamentais para o entendimento da electrofisiologia do coração. Há uma variedade de anormalidades cardíacas que podem corromper qualquer uma destas cinco fases e, consequentemente, serem detectadas no traçado de um electrocardiograma.

A primeira fase (fase 0) ocorre no estado de despolarização em que existe o accionar da contracção do miocárdio, enquanto que as restantes quatro ocorrem no estado de repolarização, sendo este o processo em que as células do coração retornam ao seu estado de polarização (ou estado de repouso).

Fase 0: Despolarização rápida (fase inicial).

Em condições normais, as fibras do músculo ventricular são activadas, por um impulso eléctrico iniciado pelo nódulo SA (sinoatrial), entre 60 a 100 vezes por minuto. Esta acção altera a RMP e permite um rápido fluxo de iões Na^+ para o interior da célula, através de canais Na^+ específicos. Este processo faz com que o interior da célula fique carregado positivamente. A voltagem no interior da célula no fim da despolarização é cerca de $+30\text{mV}$. Este evento produz um aumento rápido do potencial de acção.

Fase 1: Repolarização inicial

Imediatamente após a fase 0, os canais para o movimento de iões K^+ abrem-se originando um fluxo para o exterior da célula. Uma acção que produz uma repolarização

inicial mas incompleta (a repolarização é abrandada pelo fluxo de iões Ca^{++} para o interior da célula na Fase 2). A Fase 1 é ilustrada como uma pequena descida da curva da acção potencial, mesmo antes do planalto. (Figura 6)

Fase 2: Estado planalto

Durante este período, o fluxo de entrada de iões Ca^{++} abranda, o que faz com que abrande significativamente o fluxo de saída de iões K^{++} . Esta fase prolonga a contracção das células do miocárdio.

Fase 3: Rápida despolarização final

Neste período, o fluxo de entrada de iões Ca^{++} pára, originando um aceleração no fluxo de saída de iões K^{+} . A taxa de repolarização também aumenta.

Fase 4: Estado polarizado ou de repouso

Durante este período, os canais de iões sensíveis à voltagem regressam à sua permeabilidade pré-despolarização. O excesso de Na^{+} no interior da célula (que ocorreu durante a despolarização) e a lacuna de K^{+} (que ocorreu durante a repolarização) voltam ao normal pelas bombas de iões de Na^{+} e K^{+} . Uma bomba adicional de Na^{+} e Ca^{++} remove o excesso de Ca^{++} da célula.

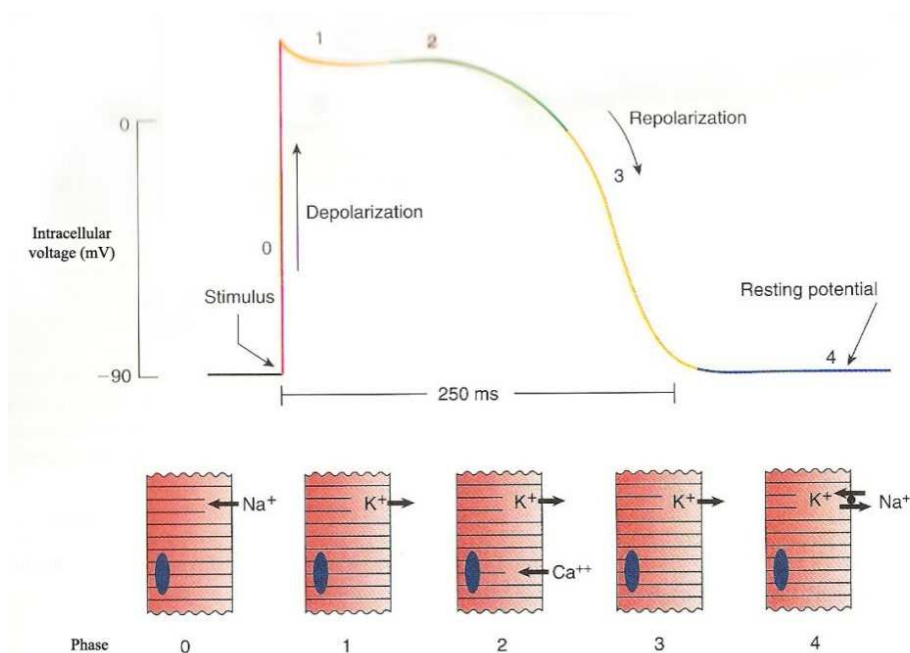


Figura 6: Acção potencial e os movimentos dos iões numa célula típica do miocárdio ventricular

4 ECG – o exame da função cardíaca

Existem determinados sinais perceptíveis à superfície do corpo que permitem avaliar, de uma forma não invasiva, a actividade do músculo cardíaco. Neste documento, apenas irei abordar os sinais eléctricos captados pela realização de um ECG, descrevendo de que modo é que a actividade eléctrica do coração é registada e analisando as partes essenciais do sinal registado.

O electrocardiograma é uma representação gráfica da actividade eléctrica do coração registada num período de tempo. Em condições normais, os traçados num electrocardiograma têm direcções, durações e amplitudes bastante previsíveis. Devido a este facto, os vários componentes de um traçado ECG podem ser identificados e interpretados como sendo normais ou anormais [16].

Num ECG, é aproveitada a propriedade do coração de suscitar fenómenos eléctricos através das suas contracções, que são acompanhadas de variações do potencial eléctrico, que se propagam em todas as direcções até chegar à superfície do corpo, onde é reproduzido o ritmo dos diversos tempos da contracção cardíaca. Estes tipo de sinais são detectáveis usando o electrocardiógrafo [17].

O sistema ECG standard é constituído por 12 derivações que capturam a actividade eléctrica do coração em 12 posições diferentes (6 derivações dos membros e 6 derivações pré-cordiais) (Tabela 5). Cada eléctrodo captura a actividade eléctrica do coração de um ângulo diferente (uma componente positiva e negativa) e monitoriza porções específicas do coração [18].

Derivações dos membros		Derivações pré-cordiais
Derivações Bipolares	Derivações unipolares	Derivações unipolares
I	aVR	V1
II	aVL	V2
III	aVF	V3
		V4
		V5
		V6

Tabela 5: Derivações dos membros e pré-cordiais

Como pode ser visto na Figura 7, as 6 derivações dos membros são a I, II, III, aVR, aVL e aVF. O nome associado a estas derivações provém do facto de serem colocados eléctrodos nos braços e pernas. As derivações I, II e III são derivações **bipolares**, o que significa que usam dois eléctrodos para monitorizar o coração, um positivo e outro negativo.

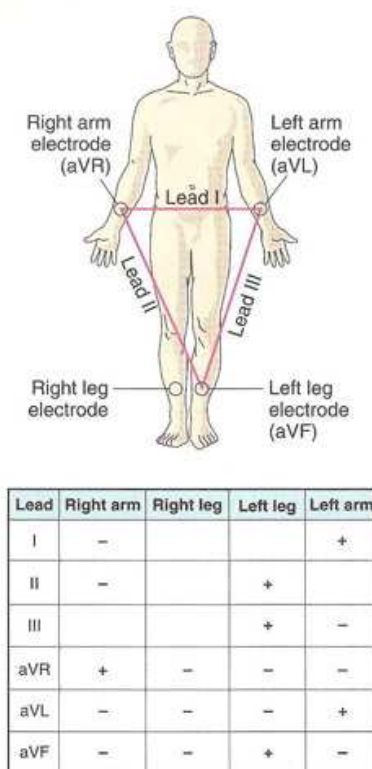


Figura 7: Os eléctrodos e as seis derivações dos membros com a respectiva polaridade

Como se pode verificar na Figura 8, uma linha imaginária pode ser traçada entre os eléctrodos positivos e negativos das derivações I, II e III. Estas linhas representam o eixo de cada derivação. O triângulo formado à volta do coração pelos três eixos é chamado de *triângulo de Einthoven*.

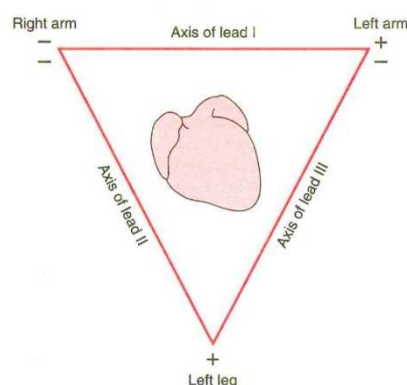


Figura 8: Eixos de cada derivação formando o triângulo de Einthoven

As derivações aVR, aVL e aVF são **unipolares**. Este tipo de derivações monitoriza a actividade eléctrica do coração entre o eléctrodo positivo (aVR, aVL ou aVF) e o ponto de potencial nulo no centro do coração. O eixo para estas derivações é traçado do eléctrodo ao centro do coração.

Quando os eléctrodos negativos são eliminados nas derivações aVR, aVL e aVF, a amplitude capturada no ECG é aumentada por 50%. Esta é a explicação da letra *a*, que vem de acréscimo (“*augmentation*”) [19]. Já a letra *V* representa voltagem e as letras *R*, *L* e *F* representam a posição relativamente onde o eléctrodo positivo é colocado.

Colectivamente, as derivações dos membros monitorizam a actividade eléctrica do coração no plano frontal, que é a actividade eléctrica que flui ao longo da superfície anterior do coração; desde a base até ao ápice do coração, na direcção de direita para a esquerda. As derivações I e aVL são chamadas de *derivações laterais esquerdas*, uma vez que monitorizam o lado lateral esquerdo do coração. Por sua vez, as derivações II, III e aVF monitorizam as superfícies inferiores do coração e por isso são chamadas de *derivações inferiores*. A derivação aVR não contribui com muita informação para a interpretação de um ECG de 12 derivações e devido a isso, é geralmente “ignorada”. A Figura 9 sumaria o plano frontal e as derivações dos membros.

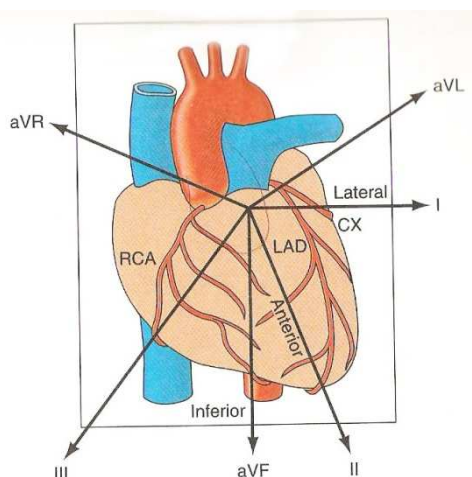


Figura 9: O plano frontal e as derivações dos membros

A Figura 10 mostra a posição no peito das derivações pré-cordiais, que são também **unipolares** (as funções do centro do coração como ponto de referência negativo, similar às derivações aVR, aVL e aVF).

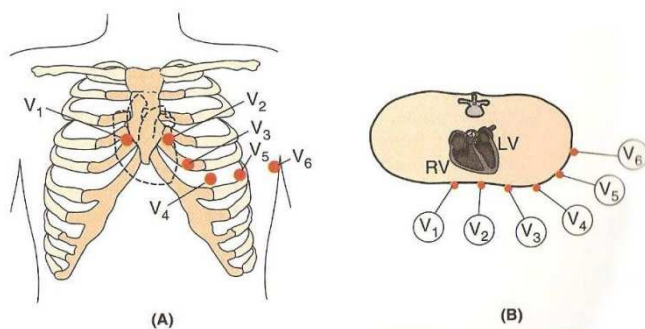


Figura 10: (A) O posicionamento dos eléctrodos no peito e (B) As derivações pré-cordiais e como elas reflectem a superfície do miocárdio.

Na Figura 11 pode-se observar os eixos das 6 derivações pré-cordiais. Estas derivações monitorizam o coração segundo o plano horizontal, o que significa que capturam a actividade eléctrica que percorre o coração transversalmente. As derivações V1 e V2 monitorizam o ventrículo direito, V3 e V4 monitorizam o septo ventricular, e as derivações V5 e V6 monitorizam o ventrículo esquerdo. As derivações V1, V2, V3 e V4 também são chamadas de **derivações anteriores**, e as derivações V5 e V6 são também conhecidas por **derivações laterais**. A Figura 12 sumaria o plano horizontal e as respectivas derivações associadas.

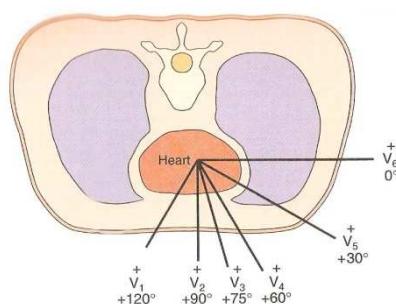


Figura 11: Os eixos das seis derivações pré-cordiais

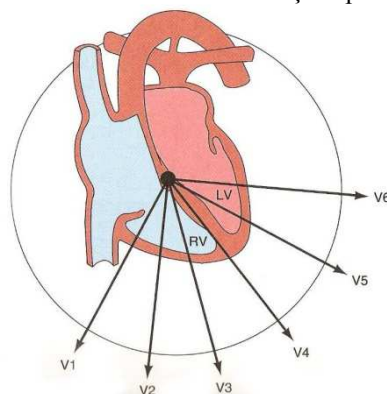


Figura 12: O plano horizontal e suas derivações associadas

A actividade eléctrica do coração é monitorizada e gravada em papel de electrocardiograma ou, mais recentemente, em formato digital. Como se pode verificar

na Figura 13, as configurações normais de um ECG são compostas de **ondas**, **complexos**, **segmentos** e **intervalos** capturadas como voltagem (no eixo vertical) em função do tempo (no eixo horizontal) [20]. As características que fazem originar essas nomenclaturas são as seguintes:

- Uma forma de onda começa e termina no referencial de potencial nulo.
- Quando uma forma de onda ultrapassa esse referencial nulo continuamente, esta muda para outra forma de onda.
- Duas ou mais formas de onda juntas formam um complexo.
- Uma linha plana, direita ou isoelectrica é chamada de segmento.
- Uma forma de onda, ou complexo, ligado a um segmento é chamado de intervalo.
- Todos os traçados de um ECG acima do potencial nulo são descritos como deflexões positivas, e os traçados abaixo desse mesmo potencial são descritos como deflexões negativas.

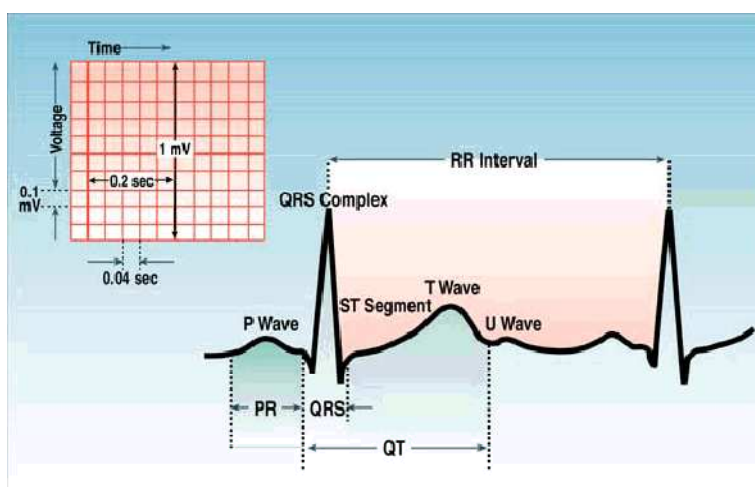


Figura 13: Configurações normais de um ECG

O ciclo normal de actividade eléctrica no coração começa com a despolarização espontânea do nódulo SA e despolarização auricular. Estes tipos de fenómenos são registados no ECG como uma pequena onda de actividade eléctrica conhecida como **onda P**. A forma desta onda é normalmente simétrica e positiva, sendo seguida de uma pequena pausa, enquanto a corrente eléctrica passa através do nódulo AV (auriculoventricular), que é representada como uma linha isoelectrica. A duração normal da onda P é de 0.08 a 0.11 segundos, e a sua amplitude típica é de 0.2 a 0.3 mV.

Uma duração ou amplitude acrescida da onda P indica a presença de anormalidades a nível auricular. A repolarização auricular normalmente não é registada num traçado ECG, uma vez que esta ocorre quando os ventrículos estão a ser despolarizados, que conduz a uma actividade eléctrica maior [16]. O **intervalo P-R** começa no início da onda P e termina no início do complexo QRS. A duração normal deste intervalo é de 0.12 a 0.20 segundos, e representa o intervalo de tempo desde o início da despolarização auricular (onda P) até ao início da despolarização ventricular (complexo QRS), ou seja, toda a actividade eléctrica a nível auricular [21].

Tal como referido anteriormente, o **complexo QRS** representa a despolarização ventricular. Uma vez que a massa muscular dos ventrículos é maior que a das aurículas, a amplitude deste complexo também é maior que a da onda P. O complexo QRS é constituído por três formas de onda distintas: **onda Q**, **onda R** e **onda S**. A primeira deflexão negativa depois da onda P, é a onda Q (Figura 14A). A deflexão positiva de maior dimensão que se segue é a onda R (Figura 14B). A onda S é uma pequena deflexão negativa que se segue à onda R (Figura 14C). Em condições normais, a duração do complexo QRS é inferior a 0.10 segundos.

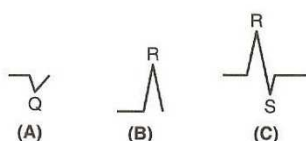


Figura 14: (A) Forma de onda Q do complexo QRS. (B) Forma de onda R do complexo QRS. (C) Forma de onda S do complexo QRS.

O **segmento ST** começa no ponto J (término do complexo QRS) e termina na porção ascendente da onda T. Este segmento representa o tempo entre a despolarização e repolarização ventricular. Normalmente a primeira porção do segmento ST é isoelectrica, e tem de duração 0.12 segundos ou menos.

É de notar que, por vezes, o termo “segmento ST” é impraticável, uma vez que é muito difícil distinguir onde o segmento ST termina e onde a onda T começa. Por vezes é adoptada a nomenclatura de “onda ST-T”, como sendo uma onda suave e contínua que começa no ponto J subindo lentamente até ao pico de T e seguida por uma rápida descida para o potencial isoelectrico base, ou para o início da onda U [22].

A repolarização ventricular é registada no ECG como a **onda T**. Normalmente esta onda tem uma deflexão positiva, no entanto pode ter, por vezes, deflexão negativa. A **onda T** tem uma duração normal de 0.20 segundos e representa a conclusão do ciclo de actividade eléctrica. O ciclo recomeça com uma nova onda P.

Ocasionalmente, pode ser visível uma **onda U**, após a onda T, com uma deflexão com a mesma polaridade que a onda T. Esta onda, quando visível, é tipicamente pequena e a sua origem não é conhecida. Alguns autores consideram que esta onda representa a repolarização tardia de alguns tecidos cardíacos, tais como as válvulas cardíacas. Desta forma, o visionamento desta onda não é considerado como anormal [23].

O **intervalo QT** é medido do início do complexo QRS até ao final da onda T e representa a actividade ventricular total, isto é, o tempo de despolarização (QRS) e repolarização (segmento ST e onda T) do miocárdio ventricular. A duração normal deste intervalo é de 0.38 segundos e varia consoante o sexo e a idade. É de notar que o intervalo QT é inversamente proporcional à frequência cardíaca, ou seja, quanto maior for a frequência cardíaca, menor é o intervalo QT. Isto acontece uma vez que, quando a frequência cardíaca é maior, a repolarização é também mais rápida.

Para sumariar o que foi apresentado anteriormente, pode-se consultar a Figura 15, que representa as mudanças normais de um electrocardiograma com a despolarização e repolarização de vários tecidos cardíacos. A Tabela 6 sumaria as configurações de um ECG e a respectiva actividade a nível do coração.

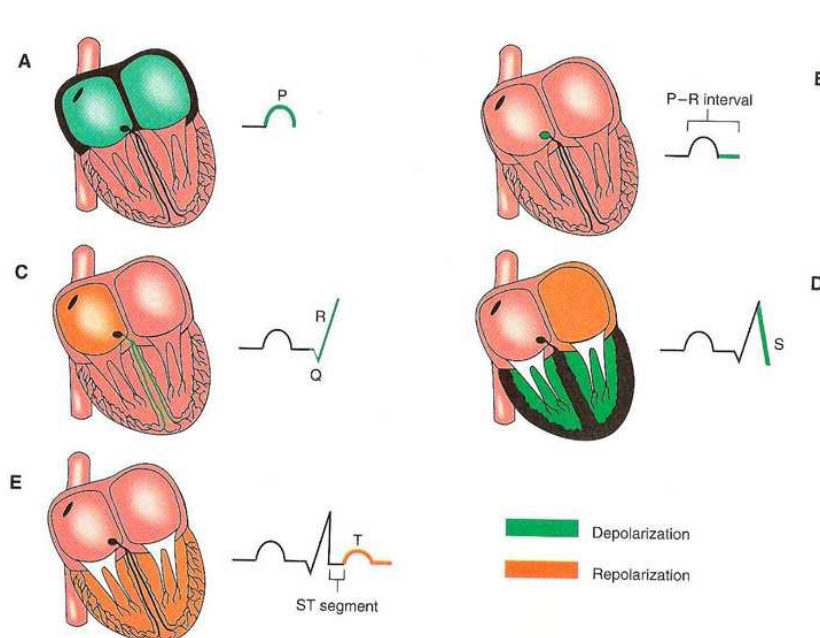


Figura 15: Alterações normais num electrocardiograma relativamente à despolarização e repolarização dos vários tecidos cardíacos.

Configuração ECG	Actividade do coração
Onda P	Despolarização auricular
Intervalo P-R	Toda a actividade eléctrica a nível auricular
Complexo QRS	Despolarização ventricular
Segmento ST	Tempo entre a despolarização e repolarização ventricular
Onda T	Repolarização ventricular
Onda U	Normalmente não visível. Origem desconhecida.
Intervalo QT	Actividade ventricular total (complexo QRS+Segmento ST+Onda T)

Tabela 6: Configurações de um ECG e a respectiva actividade a nível do coração

Através da análise do electrocardiograma é também possível a análise dos intervalos RR e PP. Que são os intervalos entre duas ondas R ou P, respectivamente. O intervalo RR traduz a frequência de despolarização ventricular, ou simplesmente frequência ventricular. O intervalo PP corresponde à frequência de despolarização auricular, ou simplesmente frequência auricular.

4.1 O electrocardiograma digital

A electrocardiografia foi uma das primeiras aplicações de diagnóstico médico em computadores digitais. Conversores AD permitiam ligar um ou mais electrocardiógrafos a computadores. Estes sistemas eram muito dispendiosos, e apenas centros médicos de grandes dimensões podiam suportar os custos. A eficiência destes sistemas foi assunto de grande discussão. Os principais argumentos contra estes sistemas eram o seu alto custo, o erro significativo de medições automáticas e a incompatibilidade de diferentes sistemas.

Os computadores pessoais e os sistemas operativos nos dias de hoje ultrapassaram essas desvantagens e electrocardiógrafos digitais são agora facilmente disponíveis. O desenvolvimento de recomendações metódicas para electrocardiografia digital permite a unificação e objectivação dos procedimentos de detecção ECG e geração de diagnósticos automáticos. No entanto, nos últimos anos tem persistido a problemática da incompatibilidade dos formatos de armazenamentos dos sinais digitais e dados associados. Os grandes fabricantes de electrocardiógrafos desenvolveram os

seus próprios standards que não são inter-operáveis com os sistemas desenvolvidos por outros fabricantes [24].

4.2 Formatos de suporte electrónico

Como referenciado, a maioria dos electrocardiógrafos usados nos dias de hoje, já faz a captura dos sinais ECG em formato digital. No entanto, o formato da aquisição dos dados e o seu armazenamento é proprietário, e varia consoante os fabricantes. Apesar disso, foram criados esforços para o desenvolvimento de standards de modo a permitir uma interoperabilidade entre os vários fabricantes. De seguida passo a descrever alguns dos formatos electrónicos de ECG cuja utilização está mais disseminada.

4.2.1 aECG – annotated ECG

Em 19 de Novembro de 2001, a USA FDA (Food and Drug Administration) organizou uma reunião pública intitulada de “*Electronic Interchange Standard for Digital ECG and Similar Data*” na qual apresentou os planos da agência para a criação de um formato digital standard que deveria ser utilizado em vez dos formatos proprietários dos fabricantes de electrocardiógrafos. Como suporte a estrutura de dados foi proposto um formato de ficheiro XML [25].

Em 2002, e face à necessidade de especificar como é que esses dados seriam codificados, a agência reuniu um painel de consultores de forma a avaliar os formatos existentes e a definir requisitos para o novo formato.

O grupo concluiu que os standards de ECG existentes estavam essencialmente orientados a codificação das formas de onda recolhidas pelos electrocardiógrafos e a informação demográfica do paciente.

O painel apresentou ainda um conjunto de factos que mostravam que não só era necessário ter as formas de onda para visualização, como também precisava de ver como essas formas de onda eram usadas na avaliação da segurança cardíaca.

Deste modo, havia a necessidade da norma ECG em formato digital ser flexível na representação das formas de onda, assim como possuir um bom mecanismo para anotação destas, com informação relevante para a pesquisa da segurança cardíaca.

Na necessidade de conciliação de esforços a FDA estabeleceu contactos com outras organizações normalizadoras. Um dos elementos do painel de consultores era a CDISC (*Clinical Data Interchange Standards Consortium*) que já havia desenvolvido standards para ensaios clínicos. No entanto, CDISC não tinha o peso normativo da HL7 (Health Level Seven). Neste sentido, foram desenvolvidos esforços para que os standards da CDISC fossem adoptados pela HL7 [26].

Actualmente, e desde 20 de Janeiro de 2004, o formato FDA XML é baseado no padrão de mensagens HL7 Versão 3. Todos os elementos do XML do formato são derivados do HL7 R-MIM (*Refined Message Information Model*) que define todos os componentes que fazem uma mensagem informativa HL7 específica. Um modelo R-MIM é composto por um conjunto de elementos que podem ser “actos” (ex: uma observação médica ou um procedimento) ou “entidades” (ex: uma pessoa ou uma organização) que executam os “actos”. Uma simples mensagem pode conter muitos “actos” que podem ser relativos uns aos outros.

A informação da forma de onda associada com os canais do ECG é armazenada num “acto” HL7 chamado “*Series*” que inclui um ou mais “actos” “*SequenceSet*”. Cada “*SequenceSet*” representa um conjunto de canais ECG gravados sincronizadamente que por sua vez são armazenados num “*SequenceAct*”. Um “*SequenceAct*” é uma colecção de números ordenados como, por exemplo, a sequência de amostras digitais de uma derivação ECG ou uma sequência de pontos ao longo do tempo.

A informação da anotação é armazenada num “acto” intitulado de “*AnnotationSet*” que é um armazenador para “*AnnotationActs*” separados. Cada “*AnnotationAct*” contém um conjunto de anotações geradas por uma “Entidade” (pode ser uma pessoa ou um dispositivo) que desempenha o papel de autor do conjunto de anotações. Desta forma, o formato suporta múltiplos conjuntos de anotações no mesmo ficheiro.

As anotações podem ser de cinco tipos possíveis: batimento, onda, ritmo, “pacemaker” e ruído. O tipo de anotação é especificado na propriedade “code” do “*AnnotationAct*” [27].

4.2.2 SCP-ECG

A base do formato SCP-ECG (*Standard Communications Protocol of Computerized Electrocardiography*) foi desenvolvida durante um projecto da “European AIM R&D” em 1989-1991. Durante este projecto, foi realizado um inventário de métodos de compressão dos dados ECG já existentes e uma nova abordagem de compressão do sinal ECG com qualidade assegurada foi desenvolvida.

Em 1993 o “*SCP Standard Communication Protocol*” foi aprovado pela CEN (Comité Europeu de Normalização) como um pré-standard ENV 1064.

Este standard foi depois implementado por um conjunto de fabricantes Europeus e Americanos. A sua prática durante a implementação confirmou a sua usabilidade para aplicações de telemetria assim como para volume efectivo de armazenamento de dados. No entanto, o desejo inicial de flexibilidade com um grande número de fabricantes mantendo a possibilidade opcional de implementação específicas, resultou em uma insuficiência de interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes.

Entretanto, as tecnologias de comunicação desenvolveram-se significativamente e maiores capacidades de armazenamento estão actualmente disponíveis. Em algumas aplicações, a compressão de dados e a transmissão de dados ECG gravados de relativamente grande dimensão deixaram de ser factores tão críticos. [28]

Em termos estruturais, o formato SCP-ECG tem uma simples estrutura destinada a armazenar multi-segmentos de um ECG de um paciente apenas. É dividido em várias secções de dados sendo o primeiro grupo de quatro secções obrigatórias e o resto opcionais [29].

O formato SCP especifica que a informação tem de ser estruturada em secções como se pode verificar na Tabela 7.

Requirement Status	Content
Mandatory	2 Bytes – Checksum – CRC – CCITT OVER THE ENTIRE RECORD (EXCLUDING THIS WORD)
Mandatory	4 BYTES – (UNSIGNED) SIZE OF THE ENTIRE ECG RECORD (IN BYTES)
Mandatory	(Section 0) POINTERS TO DATA AREAS IN THE RECORD
Optional	(Section 1) HEADER INFORMATION – PATIENT DATA/ECG ACQUISITION DATA
Optional	(Section 2) HUFFMAN TBLES USED IN ENCODING OF ECG DATA (IF USED)
Optional	(Section 3) ECG LEAD DEFINITION
Optional	(Section 4) QRS LOCATION (IF REFERENCE BEATS ARE ENCODED)
Optional	(Section 5) ENCODED REFERENCE BEAT DATA IF REFERENCE BEATS ARE STORED
Optional	(Section 6) “RESIDUAL SIGNAL” AFTER REFERENCE BEAT SUBTRACTION IF REFERENCE BEATS ARE STORED, OTHERWISE ENCODED RHYTHM DATA
Optional	(Section 7) GLOBAL MEASUREMENTS
Optional	(Section 8) TEXTUAL DIAGNOSIS FROM THE “INTERPRETIVE” DEVICE
Optional	(Section 9) MANUFACTURER SPECIFIC DIAGNOSTIC AND OVERREADING DATA FROM THE “INTERPRETIVE” DEVICE
Optional	(Section 10) LEAD MEASUREMENT RESULTS
Optional	(Section 11) UNIVERSAL STATEMENT CODES RESULTING FROM THE INTERPRETATION

Tabela 7: Estrutura de dados do formato SCP-ECG

4.2.3 Outros formatos existentes

Apesar dos dois grandes esforços anteriores para o desenvolvimento de standards que potenciassem a interoperabilidade entre os sistemas de diversos fabricantes, a verdade é que a solução de normalização ainda não foi alcançada nos dias de hoje, existindo ainda um grande número de formatos completamente distintos.

Um outro formato existente, com encapsulamento XML, é o ecgML que apesar do encapsulamento ser o mesmo que o aECG, possui diversas diferenças a nível estrutural.

Os formatos mencionados anteriormente são os mais reconhecidos como potenciais “vencedores” de uma eventual normalização alargada, no entanto, existe ainda uma inúmera quantidade de formatos proprietários de cada fabricante, tais como os formatos XML da Mortara, Philips, etc.

5 Conceptualização da plataforma

Neste capítulo apresenta-se a arquitectura e processos desenvolvidos na implementação da plataforma de Central de Tele-ECG. Para além da descrição detalhada dos módulos da solução proposta, também são descritos os processos que permitem a interligação das diversas unidades produtoras de exames e os centros clínicos que efectuem a análise e revisão.

A modelação do sistema e processos baseia-se na utilização da ferramenta de notação UML (*Unified Modeling Language*) e técnicas associadas.

5.1 Objectivos

O sistema desenvolvido tem como objectivo implementar uma plataforma de serviços (broker) para análise e revisão de exames complementares de diagnóstico do tipo ECG. Esta plataforma telemática deverá permitir aos técnicos das diversas Instituições produtoras de informação a gestão dos exames realizados e pedidos de serviços de revisão, nomeadamente injeção dos exames na Central para análise e descarregar os seus relatórios associados. O sistema deve, portanto, permitir uma interligação entre estes técnicos e os diversos cardiologistas de modo a ser possível um diagnóstico rápido e eficaz em qualquer localização geográfica.

A plataforma deverá ainda incluir uma interface gráfica simplificada com ferramentas de visualização dos sinais do ECG e elaboração do relatório. Este último, depois de assinado (i.e. validado pelo médico), deverá ficar armazenado no sistema central para download ou consulta posterior.

Por último, toda a plataforma deverá funcionar num ambiente de comunicações Web.

5.2 Arquitectura aplicacional

O sistema está dividido em dois grandes módulos: a plataforma telemática e o sistema de visualização/relatório. A primeira é suportada por um portal Web desenvolvido em ASP.NET 2.0. Este site inclui o sistema de informação e o arquivo de exames. Em termos de funcionalidades permite a gestão dos pacientes, exames, relatórios e utilizadores. O segundo módulo que permite a visualização e relatório dos ECGs é uma aplicação “windowsforms” que utiliza a tecnologia .NET, mais especificamente a linguagem C#. Esta aplicação é de utilização exclusiva dos médicos cardiologistas. As comunicações entre a Central e aplicação de visualização são garantidas por Web Services.

Como suporte ao sistema de informação é utilizado um SGBD (Sistema de Gestão de Base de Dados). Tendo em atenção que todos os módulos foram desenvolvidos sobre a plataforma .Net, decidiu-se utilizar o SQL Server 2005 pois, para além de estar incluído no Framework de desenvolvimento, também é um motor de Base de Dados robusto.

De um modo geral, o funcionamento global do sistema deve-se assemelhar ao ilustrado na Figura 16.

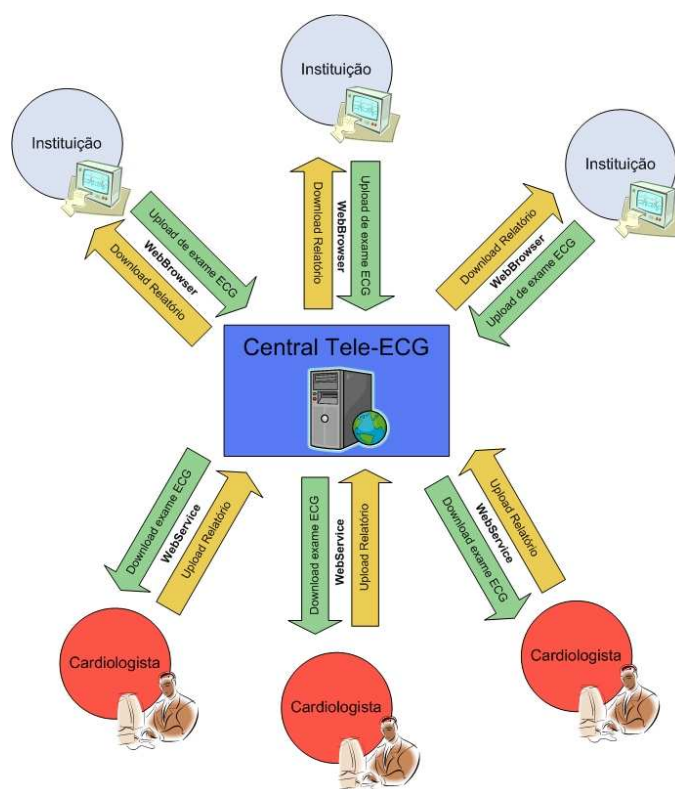


Figura 16: Funcionamento global do sistema

5.3 Diagrama de Use Case Geral:

Em termos de áreas de utilização, o sistema encontra-se dividido em duas áreas distintas, representadas na Figura 17:

- Área dos Médicos
- Área dos Técnicos

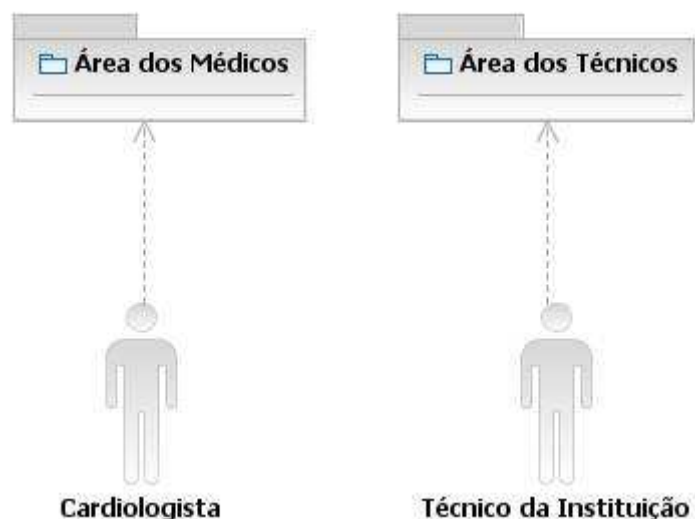


Figura 17: *Packages* do sistema

Esta divisão teve por base o tipo de utilizador da plataforma e carácter diferenciado das tarefas que cada um executa, ou seja, pretendeu-se agrupar todas as tarefas que um dado utilizador do sistema teria necessidade de executar em áreas específicas.

O utilizador “Técnico da Instituição” tem acesso a funcionalidades como o upload de exames recolhidos para análise, download de relatórios disponíveis e alterar dados da conta de acesso. Pode ainda aceder ao histórico para re-impressão de relatórios prévios.

A “Área dos Médicos” é destinada aos cardiologistas que vão analisar e relatar os exames. Nesta área são disponibilizadas ao utilizador funcionalidades que permitem o download de exames para análise, visualização de exames e o disponibilizar de relatórios efectuados.

5.4 Descrição dos actores e *Use cases*

5.4.1 Descrição dos actores

Como referido, os utilizadores do sistema encontram-se agrupados em dois tipos (Figura 17):

- Técnico da Instituição – Responsável pela gestão dos exames recolhidos
- Médico Cardiologista – Responsável pela análise e relato dos exames disponíveis.

5.4.2 Descrição dos casos de utilização

A descrição dos casos de utilização (*use cases*) será feita de acordo com a representação dos packages da Figura 17. Estes packages são em seguida analisados individualmente.

Os diversos casos de utilização serão descritos por um diagrama de actividades e uma descrição detalhada dos mesmos. Utilizam-se diagramas de actividades por estes serem elementos de modelação simples e eficazes na descrição de fluxos de trabalho.

Na descrição detalhada dos casos de utilização é utilizada uma tabela onde é representada toda a informação relativa aos actores que intervêm nos casos de utilização, tais como finalidade, pré-condições, sequência típica dos eventos, entre outros.

5.4.2.1 Package Área dos Técnicos

Na área de técnicos, que está representada na Figura 17 pelo *package* “Área dos técnicos”, o Actor “Técnico da Instituição” poderá invocar os *use cases* representados na Figura 18.

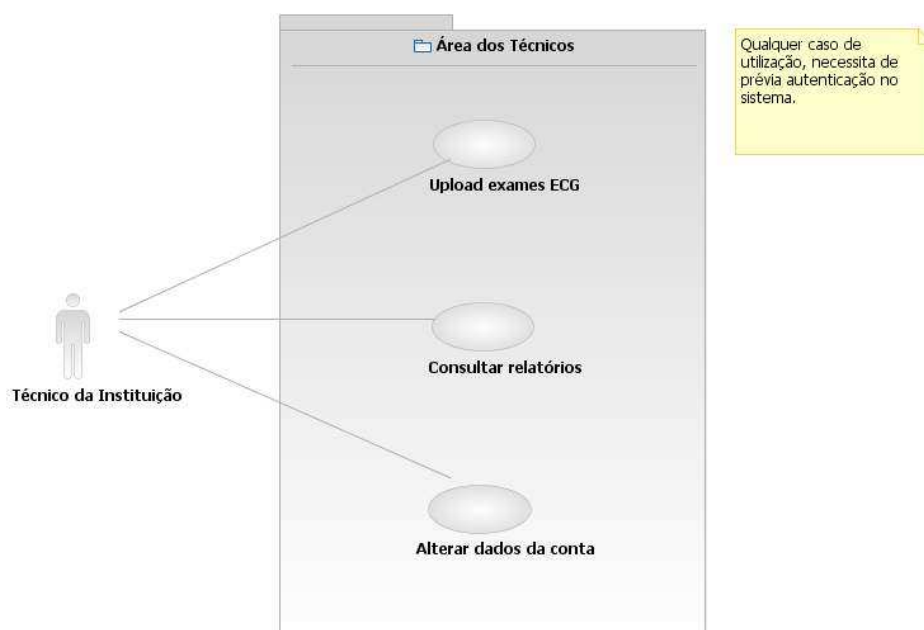


Figura 18: Diagrama dos casos de utilização da Área dos Técnicos

Os casos de utilização ilustrados na Figura 18 são de seguida descritos.

➤ **CaU1 Upload de exames ECG (Técnico da Instituição)**

Nome:	CaU1. Upload exames ECG (Técnico da Instituição)
Âmbito:	Central de Tele-ECG baseada em WEB
Finalidade:	Inserir no sistema exames realizados na instituição.
Actores:	Técnico da Instituição
Pré-condições:	Existe informação da Instituição no sistema. Existe uma associação entre a Instituição e pelo menos um médico cardiologista.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O técnico da Instituição autentica-se no sistema. 2. O Sistema disponibiliza uma interface de upload de exames. 3. O técnico da Instituição selecciona o exame ao qual pretende fazer upload e submete-o ao sistema. 4. O Sistema guarda o exame e actualiza a base de dados. 5. O Sistema envia mensagem de confirmação.
Sequências alternativas e extensões:	Inexistentes.
Requisitos especiais:	Os Actores estão registados no Sistema e têm acesso a um terminal de acesso ao mesmo.
Aspectos em aberto:	Inexistentes.

Tabela 8: Descrição do caso de utilização CaU1 Upload de exames ECG

Na figura seguinte encontra-se representado o diagrama de actividades do caso de utilização “Upload Exames ECG”.

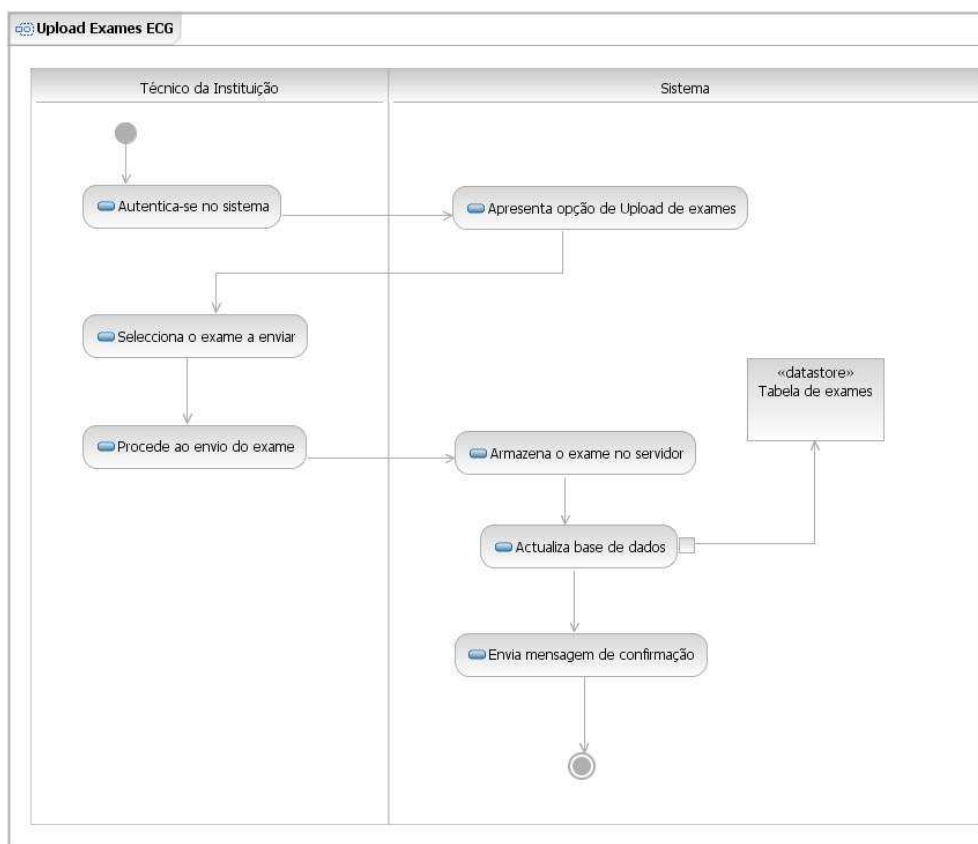


Figura 19: Diagrama de actividades do caso de utilização “Upload de exames ECG”

➤ CaU2 Consultar relatórios (Técnico da Instituição)

Nome:	CaU2. Consultar relatórios (Técnico da Instituição)
Âmbito:	Central de Tele-ECG baseada em WEB
Finalidade:	Consultar relatório relativo a um determinado exame.
Actores:	Técnico da Instituição
Pré-condições:	Existe informação da Instituição no sistema. Existe um relatório previamente associado a um determinado exame.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O técnico da Instituição autentica-se no sistema. 2. O Sistema apresenta lista de opções. 3. O técnico da Instituição selecciona a opção de download de relatórios (novos ou que já tenham sido visualizados anteriormente). 4. O Sistema verifica a existência de relatórios para consulta. 5. O Sistema apresenta a lista de relatórios disponíveis para consulta. 6. O técnico da Instituição selecciona o relatório que pretende consultar. 7. O Sistema apresenta a hipótese de visualizar directamente o relatório em questão ou de fazer o seu download para a unidade de armazenamento local. 8. O Sistema inicia a transferência de dados.

	9. O Sistema actualiza a base de dados.
Sequências alternativas e extensões:	Inexistentes.
Requisitos especiais:	Os Actores estão registados no Sistema e têm acesso a um terminal de acesso ao mesmo. O terminal deve ter instalado um visualizador de ficheiros PDF.
Aspectos em aberto:	Inexistentes.

Tabela 9: Descrição do caso de utilização CaU2 Consultar relatórios

Na figura seguinte encontra-se representado o diagrama de actividades do caso de utilização “Consultar Relatórios” pendentes.

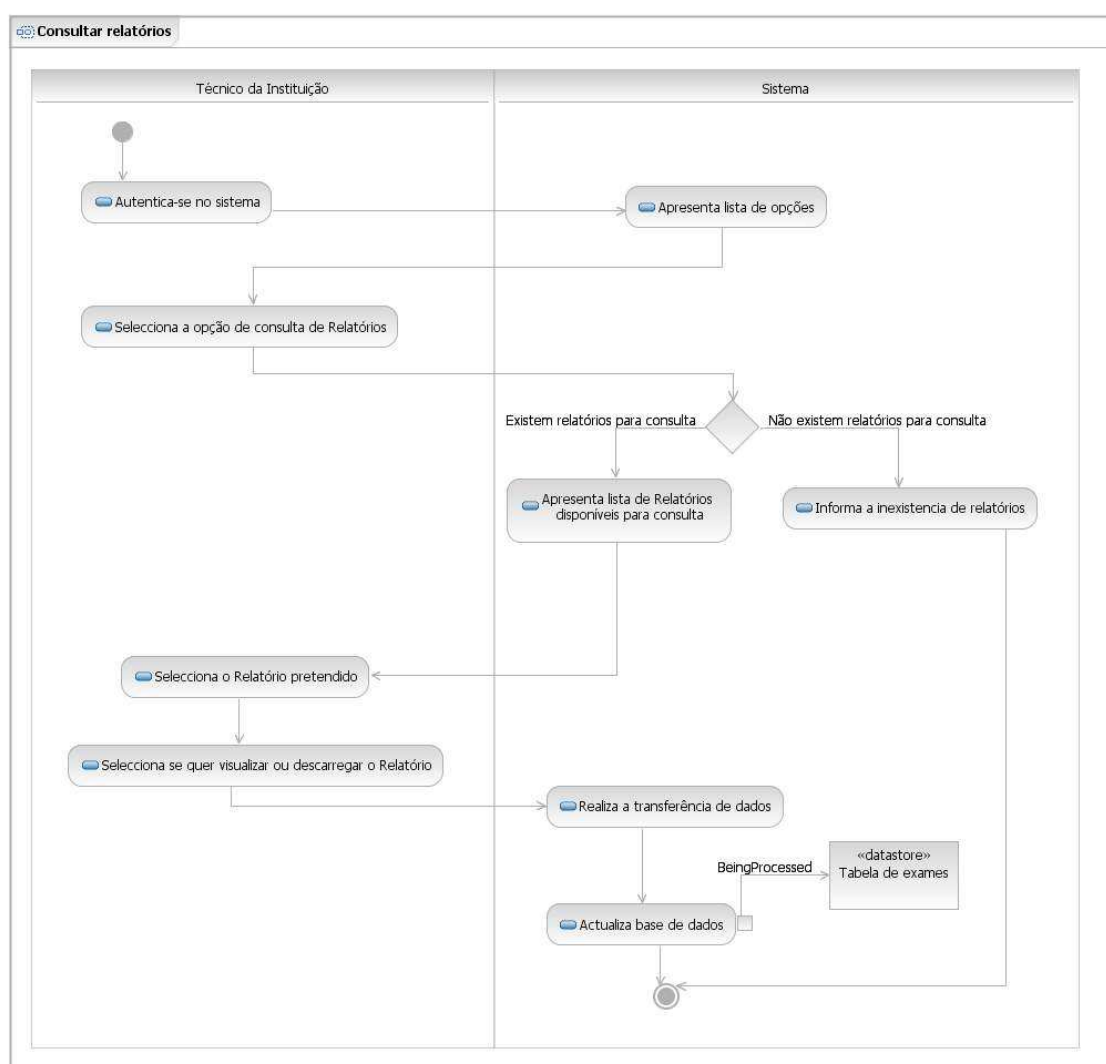


Figura 20: Diagrama de actividades do caso de utilização “Consultar Relatórios” pendentes

➤ **CaU3 Alterar dados da conta (Técnico da Instituição)**

Nome:	CaU3. Alterar dados da conta (Técnico da Instituição)
Âmbito:	Central de Tele-ECG baseada em WEB
Finalidade:	Alterar dados pessoais e de acesso do técnico da Instituição em causa.
Actores:	Técnico da Instituição
Pré-condições:	Existe informação do técnico da Instituição no sistema.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O técnico autentica-se no sistema. 2. O técnico selecciona “Alterar dados da conta”. 3. O Sistema apresenta os dados da conta que podem ser alterados. 4. O técnico da Instituição altera os dados pretendidos e submete-os ao Sistema. 5. O Sistema actualiza a base de dados.
Sequências alternativas e extensões:	Inexistentes.
Requisitos especiais:	Os Actores estão registados no Sistema e têm acesso a um terminal de acesso ao mesmo.
Aspectos em aberto:	Inexistentes.

Tabela 10: Descrição do caso de utilização CaU3 Alterar dados da conta

Na Figura 21 encontra-se representado o diagrama de actividades do caso de utilização “Alterar dados da conta”.

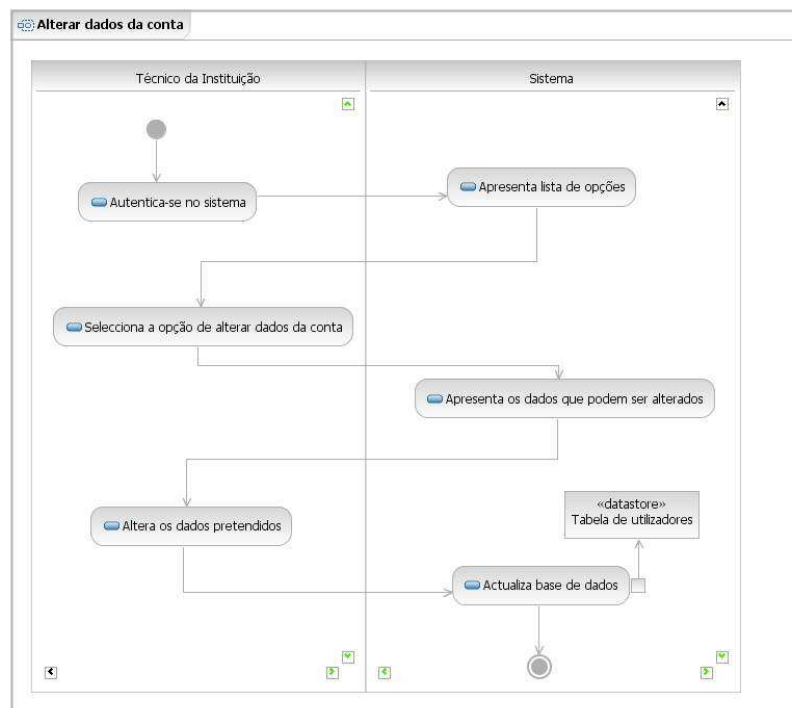


Figura 21: Diagrama de actividades do caso de utilização “Alterar dados da conta”

5.4.2.2 Package Área dos Médicos

Na área dos médicos, que está representada na Figura 17 pelo *package* “Área dos Médicos”, o actor *Cardiologista* poderá invocar os *use cases* representados na Figura 22.

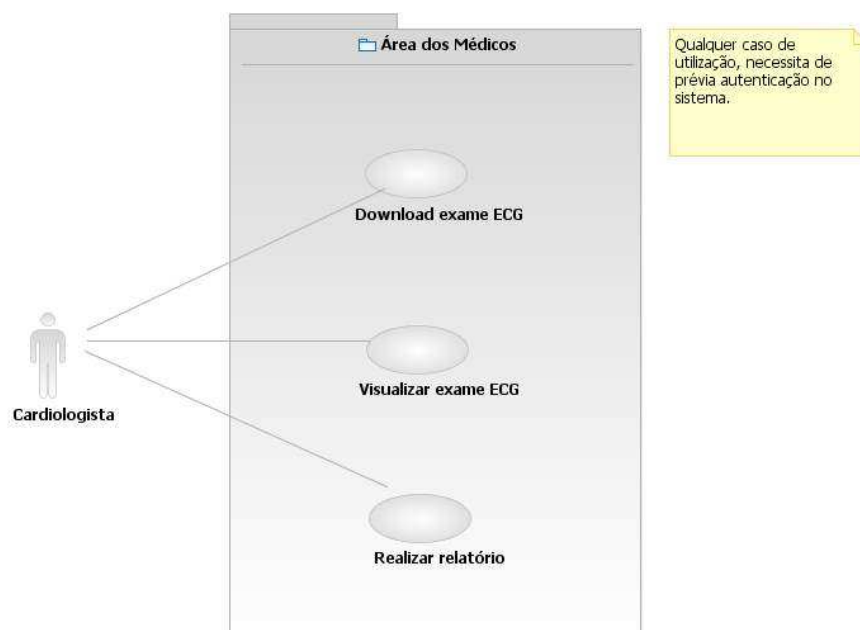


Figura 22: Diagrama dos casos de utilização da Área de Médicos

Os casos de utilização ilustrados na Figura 22 são de seguida descritos.

➤ CaU4 Download exame ECG (Cardiologista)

Nome:	CaU4. Download exame ECG (Cardiologista)
Âmbito:	Central de Tele-ECG baseada em WEB
Finalidade:	Realizar o download de exame ECG disponível no sistema para análise.
Actores:	Cardiologista
Pré-condições:	Existe informação do Cardiologista no sistema. Existe uma associação entre o Cardiologista e pelo menos uma Instituição cliente. Existe exames para download.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O cardiologista autentica-se no sistema. 2. O Sistema apresenta uma lista de exames disponíveis para download. 3. O Cardiologista selecciona o exame ao qual pretende fazer download. 4. O Sistema inicia a transferência de dados e actualiza a base de dados (guarda a informação que o exame seleccionado está a ser analisado).
Sequências	Inexistentes.

alternativas e extensões:	
Requisitos especiais:	Os Actores estão registados no Sistema e têm acesso à aplicação desenvolvida para interagir com o mesmo.
Aspectos em aberto:	Inexistentes.

Tabela 11: Descrição do caso de utilização CaU4 Download exame ECG

Na Figura 23 encontra-se representado o diagrama de actividades do caso de utilização “Download exame ECG”.

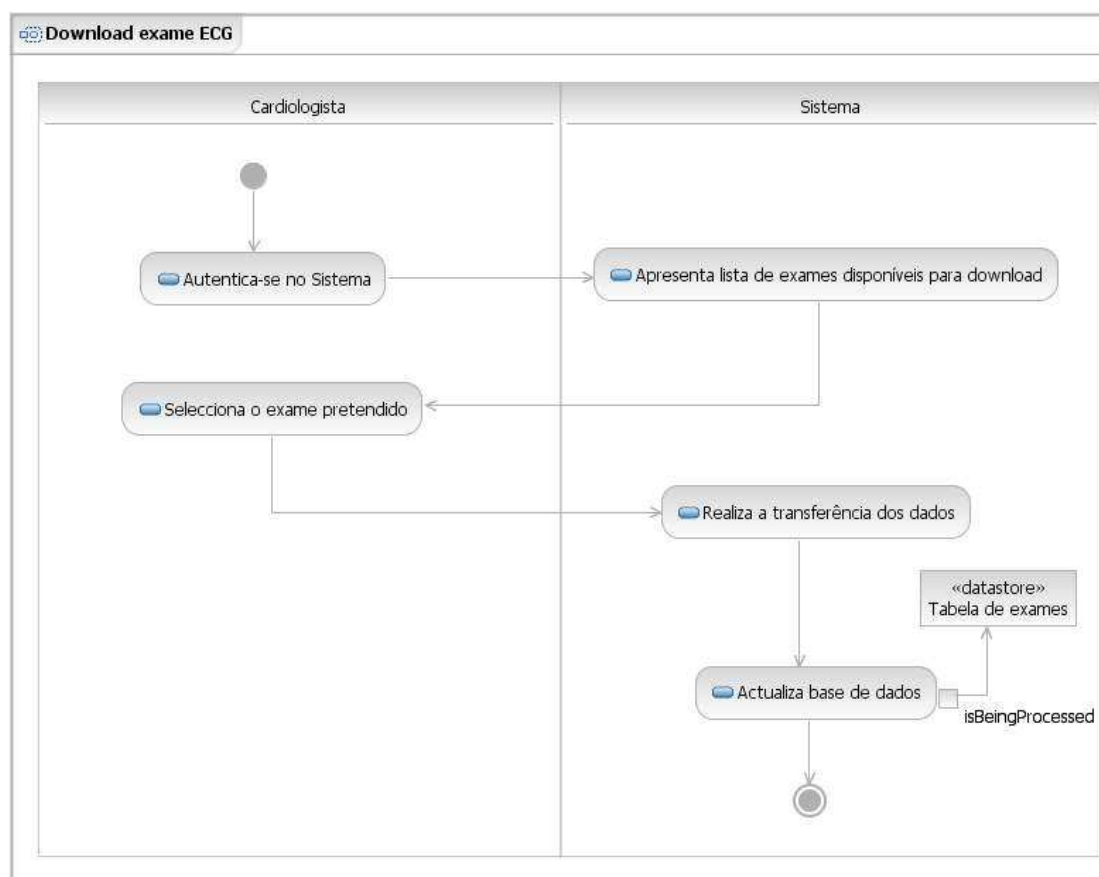


Figura 23: Diagrama de actividades do caso de utilização “Download exame ECG”

➤ CaU5 Visualizar exame ECG (Cardiologista)

Nome:	CaU5. Visualizar exame ECG (Cardiologista)
Âmbito:	Central de Tele-ECG baseada em WEB
Finalidade:	Visualizar o exame ECG descarregado do sistema.
Actores:	Cardiologista
Pré-condições:	Existe informação do Cardiologista no sistema. Existe uma associação entre o Cardiologista e pelo menos uma Instituição. Existe um exame aberto pela aplicação.

Nome:	CaU5. Visualizar exame ECG (Cardiologista)
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Cardiologista autentica-se no sistema. 2. O Sistema apresenta uma lista de exames disponíveis para download. 3. O Cardiologista selecciona o exame ao qual pretende fazer download. 4. O Sistema inicia a transferência de dados e actualiza a base de dados (guarda a informação que o exame seleccionado está a ser analisado). 5. O Cardiologista visualiza o exame utilizando as diversas informações apresentadas.
Sequências alternativas e extensões:	Inexistentes.
Requisitos especiais:	Os Actores estão registados no Sistema e têm acesso à aplicação desenvolvida para interagir com o mesmo.
Aspectos em aberto:	Inexistentes.

Tabela 12: Descrição do caso de utilização CaU5 Visualizar exame ECG

Na Figura 24 encontra-se representado o diagrama de actividades do caso de utilização “Visualizar exame ECG”.

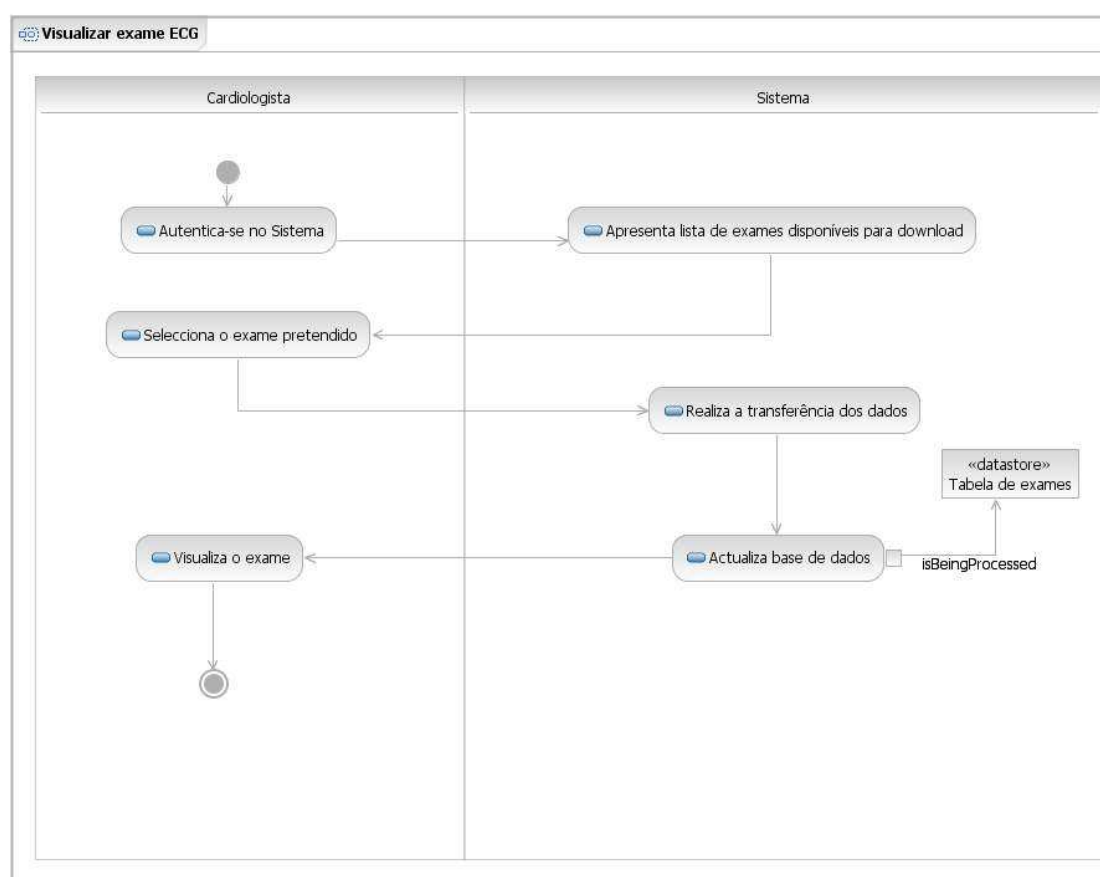


Figura 24: Diagrama de actividades do caso de utilização “Visualizar exame ECG”

➤ **CaU6 Realizar relatório (Cardiologista)**

Nome:	CaU6. Realizar relatório (Cardiologista)
Âmbito:	Central de Tele-ECG baseada em WEB
Finalidade:	Realizar o relatório do exame ECG, enviando-o consequentemente para o sistema.
Actores:	Cardiologista
Pré-condições:	Existe informação do cardiologista no sistema. Existe uma associação entre o cardiologista e pelo menos uma Instituição cliente. Existe um exame aberto pela aplicação.
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O cardiologista autentica-se no sistema. 2. O Sistema apresenta uma lista de exames disponíveis para download. 3. O Cardiologista selecciona o exame ao qual pretende fazer download. 4. O Sistema inicia a transferência de dados e actualiza a base de dados (guarda a informação que o exame seleccionado está a ser analisado). 5. O Cardiologista analisa o exame. 6. O Cardiologista selecciona a opção de Criar Relatório. 7. O Cardiologista introduz os dados do diagnóstico e submete o relatório ao sistema. 8. O Sistema guarda o relatório e actualiza a base de dados (atribui o exame como analisado). 9. O Sistema envia uma mensagem de confirmação.
Sequências alternativas e extensões:	Inexistentes.
Requisitos especiais:	Os Actores estão registados no Sistema e têm acesso à aplicação desenvolvida para interagir com o mesmo.
Aspectos em aberto:	Inexistentes.

Tabela 13: Descrição do caso de utilização CaU6 Realizar relatório

Na Figura 25 seguinte encontra-se representado o diagrama de actividades do caso de utilização “Realizar Relatório”.



Figura 25: Diagrama de actividades do caso de utilização “Realizar relatório”

6 Implementação da plataforma

Neste capítulo são abordados os diferentes aspectos associados ao desenvolvimento e implementação da plataforma “Central de Tele-ECG”.

O sistema foi desenvolvido de modo a permitir uma intercomunicação de dados entre as Instituições responsáveis por recolha de exames ECG e os cardiologistas que efectuem a análise.

O Portal para acesso por parte dos técnicos das diversas Instituições foi implementado em ASP.NET 2.0 alojado num servidor Web. A aplicação a ser utilizada pelos cardiologistas foi implementada em C# .NET e a comunicação com o servidor central é realizada através de um Webservice alojado no mesmo.

6.1 Base de dados

A fase de estruturação da base de dados de suporte ao sistema foi dividida em várias fases, permitindo uma mais fácil detecção de falhas de integridade de dados que possam surgir. Deste modo é possível garantir que o modelo físico resultante encontra-se normalizado. As fases que permitiram obter o modelo físico da base de dados foram:

- **Desenho do modelo conceptual**
- Identificação das Entidades
- Identificação de atributos de Entidades e de Relacionamentos
- Identificação dos domínios dos atributos
- Identificação das Chaves Primárias
- Verificação de redundância no modelo conceptual
- **Desenho do modelo lógico**
- Remoção de características não compatíveis com o Modelo Lógico
- Relações do Modelo Lógico
- Regras de Integridade

- Dados Obrigatórios
- **Desenho do Modelo Físico**

Neste estudo será descrito detalhadamente o modelo físico, já que com este modelo é possível analisar a estrutura de dados e relacional da base de dados.

O DBMS (*Database Management System*) utilizado para implementar a base de dados foi o Microsoft SQL Server 2005. A escolha deste DBMS em relação a outros existentes no mercado deveu-se à sua integração natural com a plataforma de desenvolvimento .Net e à qualidade comprovada deste servidor de base de dados.

6.1.1 Modelo Físico

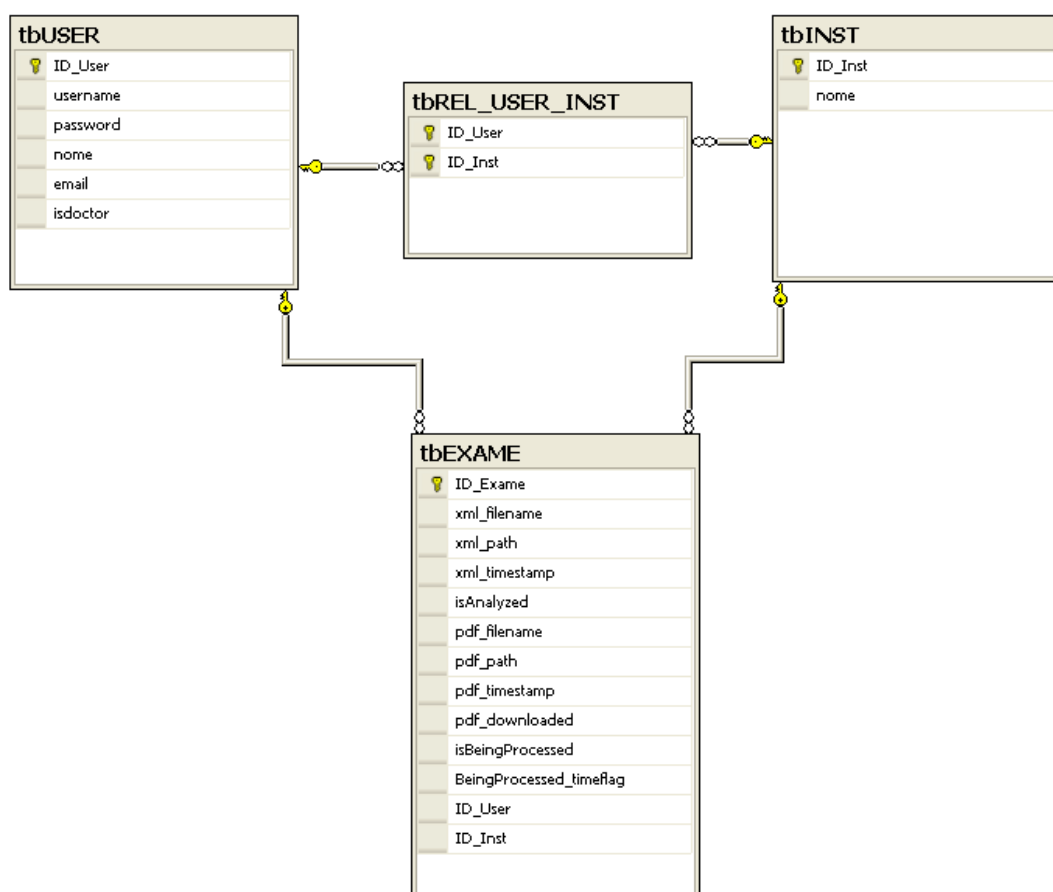


Figura 26: Modelo físico da base de dados desenvolvida

Como se pode verificar pela figura, a base de dados é constituída por 4 tabelas.

A tabela tbUSER é a tabela dos Utilizadores do sistema e tem como objectivo o armazenamento dos dados essenciais pertencentes a cada utilizador registado na plataforma. Esta tabela, além do ID_User único atribuído a cada utilizador, possui diversos atributos necessários à identificação e autenticação do utilizador, tais como:

- **Username** – Nome de utilizador para acesso à plataforma desenvolvida.
- **Password** – Senha de acesso para acesso à plataforma desenvolvida.
- **Nome** – Nome do utilizador.
- **Email** – Endereço electrónico do utilizador (não obrigatório).
- **Isdoctor** – Atributo booleano em que se torna possível diferenciar o utilizador como sendo Técnico (“False”) ou Cardiologista (“True”).

A tabela tbINST é a tabela das Instituições, em que além do campo ID_Inst atribuído a cada uma delas tem o atributo “nome” que constituiu seu nome para posterior identificação.

A tabela de relação criada entre a tbUSER e tbINST permite ter uma relação de N Utilizadores (Técnicos ou Cardiologistas) para N Instituições.

Por fim, a tabela tbEXAME contém todos os atributos necessários para o armazenamento e processamento dos dados relativos aos exames. Os atributos desta tabela são descritos da seguinte forma:

- **ID_Exame** – ID único atribuído a cada exame existente no sistema.
- **Xml_filename** – Nome do ficheiro XML do exame existente no sistema.
- **Xml_path** – Caminho virtual onde se encontra o ficheiro xml no servidor.
- **Xml_timestamp** – Data e hora da recepção do ficheiro xml para análise.
- **isAnalysed** – Atributo booleano que define se o exame já foi, ou não, analisado por um Cardiologista. Em caso de análise positiva este campo é preenchido a “True”.
- **Pdf_filename** – Nome do ficheiro PDF contendo o relatório correspondente ao exame.
- **Pdf_path** – Caminho virtual onde se encontra o ficheiro PDF no servidor.
- **Pdf_timestamp** – Data e hora de recepção do ficheiro PDF.
- **Pdf_downloaded** – Atributo booleano que define se o determinado relatório em formato PDF já foi visualizado pelo menos uma vez.
- **isBeingProcessed** – Atributo booleano que define se o exame está a ser analisado no momento por algum cardiologista.
- **BeingProcessed_timeflag** – Data e hora que o exame começou a ser analisado por um Cardiologista. Este atributo é essencial caso exista quebras de ligação ou de abandono da análise do exame por parte do cardiologista, sem conclusão do respectivo relatório.

Caso o tempo de processamento de um exame seja maior que um tempo imposto pelo sistema, o exame ficará disponível para análise de novo por outros médicos revisores.

- **ID_User** – Atributo que permite identificar o utilizador que disponibilizou o exame para análise.
- **ID_Inst** – Atributo que permite identificar a Instituição que está relacionada com o exame.

6.2 Aplicação de Análise e Relatório

Neste subcapítulo será descrito o desenvolvimento da aplicação a ser utilizada pelos cardiologistas revisores, focando os blocos de código mais significativos para o correcto funcionamento da mesma.

Para implementação da aplicação, foi necessário passar por um diverso conjunto de processos, que são apresentados de seguida.

6.2.1 Autenticação do utilizador

Pela execução da aplicação, esta apresenta a possibilidade do utilizador realizar o Login no sistema. As credenciais de acesso estão armazenadas na base de dados no servidor e a comunicação entre a aplicação e o servidor é realizada via Webservice.

O aspecto geral deste processo de autenticação está ilustrado na Figura 27.

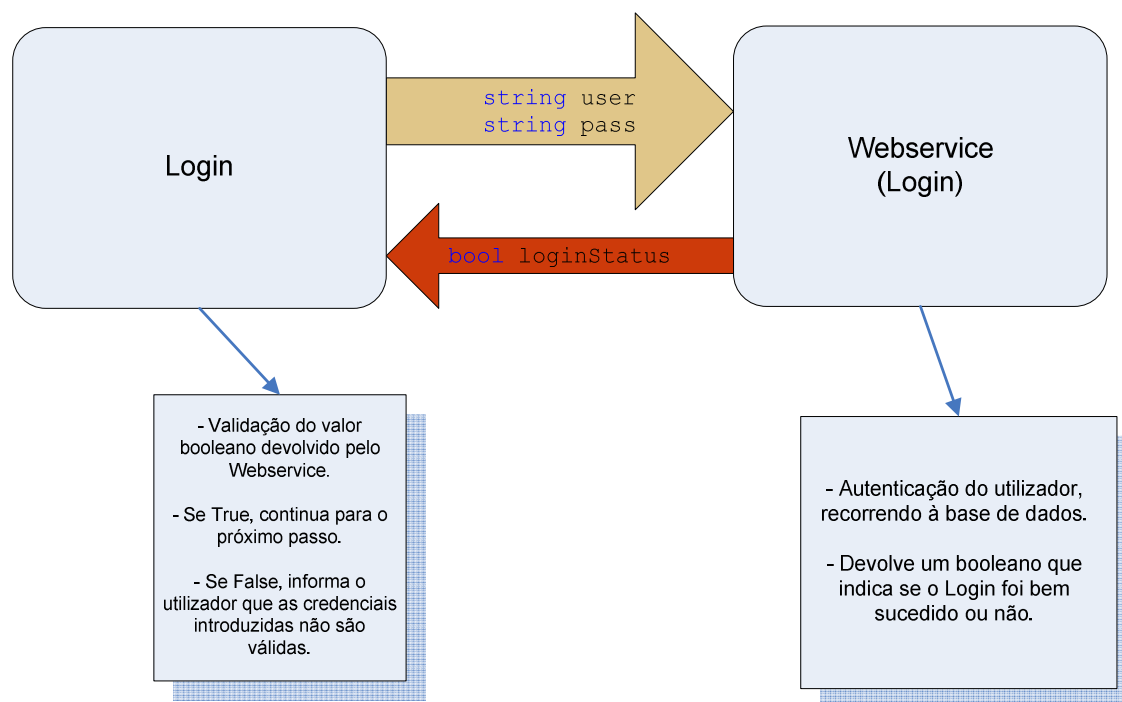


Figura 27: Workflow do processo de Login

Como se pode verificar pela análise da Figura 27 as credenciais introduzidas pelo utilizador são enviadas para o Webservice, que é responsável pela autenticação do utilizador e, consoante o resultado dessa autenticação, é devolvido um booleano que indica à aplicação se as credenciais introduzidas são ou não válidas no sistema. A transmissão é feita utilizando um canal seguro de transmissão de dados (SSL).

6.2.2 Download do exame ECG

Quando o utilizador da aplicação selecciona um exame para análise, é necessário o Download do mesmo, e mais uma vez recorre-se a um Webservice para realizar essa transferência.

O aspecto geral deste processo de Download do exame ECG seleccionado é ilustrado na Figura 28.

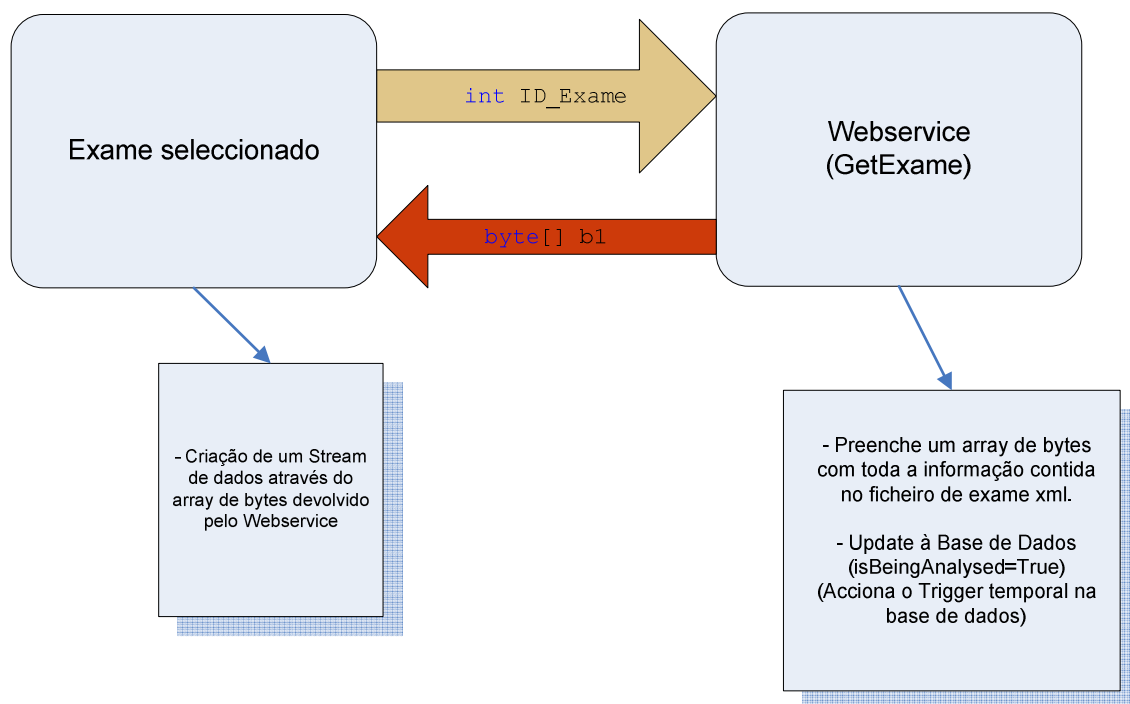


Figura 28: Aspecto geral do processo de Download do exame ECG

Como se pode verificar na Figura 28, o utilizador ao seleccionar um exame para análise, é enviado o ID correspondente ao mesmo para o Webservice. Este é responsável pelo retorno dos dados correspondentes ao exame num array de bytes que será utilizado pela aplicação para criação de um stream de dados para posterior representação.

A actualização da base de dados é realizada por parte do Webservice em que consiste colocar o atributo “*isBeingAnalysed=True*”, o que significa que o dado exame está a ser analisado excluindo a possibilidade de este ser apresentado para análise por mais que um cardiologista simultaneamente.

A implementação do acima descrito foi conseguida com recurso a um mecanismo de *trigger* que é iniciado quando o atributo *isBeingProcessed* é colocado a “True”. Deste modo, é preenchido o atributo *BeingProcessed_timeflag* com a data e hora correspondente ao início de acesso do determinado exame. Pela implementação deste mecanismo é ainda possível garantir que o exame acedido por parte do médico será devidamente analisado num período de tempo imposto pelo administrador da plataforma, caso contrário ficará novamente disponível para análise. Esta característica

implica uma segurança dos dados clínicos nos casos de quebras de ligação ou de abandono de sessão por parte do utilizador.

6.2.3 Parsing dos dados existentes no exame

Uma vez obtido o stream de dados correspondente ao exame a ser analisado, a aplicação realiza, de uma forma automatizada, a descodificação de todos os elementos de informação necessários ao processo de análise e interpretação por parte do Cardiologista.

O *parser* desenvolvido para o efeito suporta, neste momento, apenas o tipo de ficheiros XML criados pelos electrocardiógrafos do fabricante Mortara. No entanto, pode ser facilmente adaptado para formatos utilizados por outros fabricantes.

De seguida são indicados alguns dos dados principais extraídos no processo de descodificação:

- Data de aquisição do exame
- Dados demográficos do paciente
- Dados técnicos (duração QRS, duração P, etc)
- Interpretação automática (se existente)
- Dados das diferentes derivações necessários para representação gráfica
- Etc...

Depois de realizado o *parsing* dos dados relativos a cada derivação (curva), é necessário realizar um pós-processamento já que estes se encontram codificados em Base64. Assim foi implementada uma módulo capaz de garantir uma correcta descodificação de Base64 para valores do sinal Inteiro. Findo este processo de descodificação, já é possível utilizar os dados obtidos para efectuar uma representação gráfica das derivações.

6.2.4 Representação gráfica dos sinais

Uma vez obtidos os dados necessários para uma representação gráfica dos sinais de cada derivação, foi realizada uma abordagem de modo a garantir uma representação semelhante aquela que os cardiologistas estão familiarizados, incluindo a visualização do papel milimétrico pela construção de uma grelha em “background” e a disposição espacial das derivações.

Com recurso ao objecto da plataforma .Net do tipo “Graphics” efectuou-se o display de um bitmap contendo linhas horizontais e verticais de determinada cor e espessura, distanciadas entre si. Desta forma, foi possível criar uma grelha semelhante ao papel milimétrico (Figura 29).

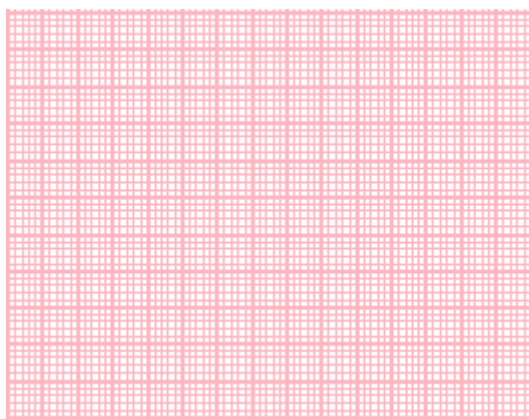


Figura 29: Grelha criada para representação da escala

A tarefa de visualizar os sinais das 12 derivações (no máximo) simultaneamente no mesmo gráfico/grelha não foi trivial e foi necessário um processamento a nível gráfico, de forma a serem apenas visualizados porções de cada um destes sinais (tal como é efectuado em ECG's em formato papel). Após análise e experimentações com as derivações (sinais) e objecto gráfico utilizado, foi possível obter uma representação gráfica dos 12 sinais devidamente alinhados e acondicionados.

O cardiologista pode ter a necessidade de visualizar todo o sinal ao invés das porções representadas, e como tal foi também implementada essa necessidade.

6.2.5 Geração de relatório

Depois de concluídas as tarefas anteriores, seguiu-se para a fase de criação de relatório. Para isso foi criado um novo formulário, em que o cardiologista tem a possibilidade de introduzir os dados necessários para a realização do mesmo.

Uma vez que era necessário o relatório ser apresentado em formato PDF, foi utilizada uma ferramenta OpenSource (*iTextSharp*) que possibilita a introdução de dados neste tipo de formato apresentando inúmeras vantagens, já que permite a escolha do tipo de letra, introdução de tabelas, imagens, entre outros.

Após ser dada a indicação de envio de relatório para o servidor, é realizada uma vez mais uma comunicação com o Webservice. Esta comunicação está ilustrada na Figura 30.

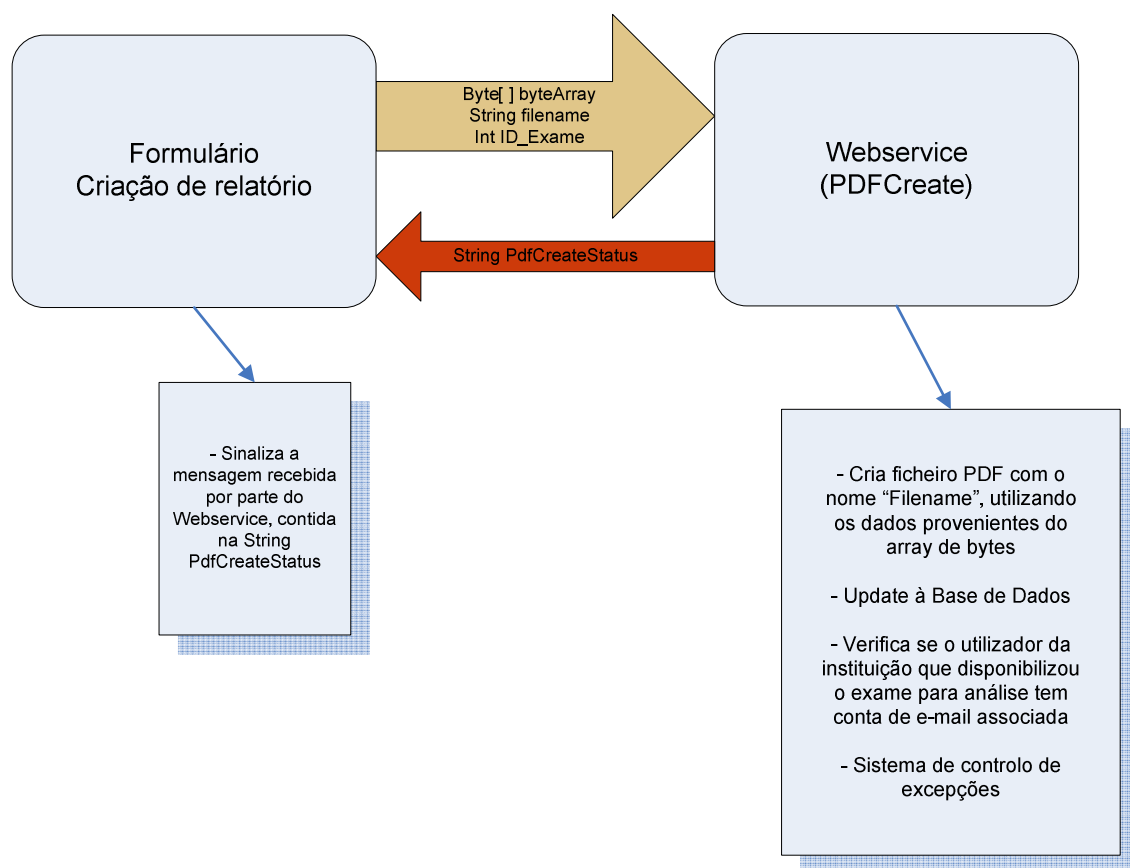


Figura 30: Aspecto geral do processo de envio do relatório

Tal como é evidenciado na Figura 30, a aplicação envia para o Webservice um array de bytes, criado utilizando a ferramenta anteriormente referida, contendo toda a

informação necessária para geração do relatório, incluindo um campo para o nome do ficheiro PDF a ser criado e o ID correspondente ao exame analisado.

Ao receber os dados anteriormente referidos, o Webservice procede à criação de um ficheiro com extensão “.PDF” no servidor. É ainda actualizada a base de dados de maneira a indicar que o determinado exame já foi analisado, a localização do ficheiro de relatório e a sua respectiva data e hora de criação. Depois deste processo o relatório ficará disponível para posterior consulta por parte dos técnicos da Instituição associada.

Em suma, é realizado um comando UPDATE à base de dados de modo a actualizar os seguintes campos:

- **isAnalysed** = True
- **isBeingProcessed** = False
- **pdf_path** = caminho virtual onde está armazenado o ficheiro de relatório no servidor
- **pdf_timestamp** = data e hora de criação do ficheiro de relatório no servidor

Depois deste processo o relatório ficará disponível para posterior consulta por parte dos técnicos da Instituição associada.

No caso em que o utilizador responsável pela disponibilização do exame para análise tenha uma conta de e-mail associada na base de dados, o relatório será também enviado para essa conta. O assunto do e-mail enviado terá o seguinte *subject*: “Relatório: **Pdf_filename**.PDF”.

No procedimento de envio do relatório via e-mail, é utilizado um sistema de controlo de excepções, isto é, se por algum motivo não seja possível o envio do e-mail, mesmo que existam todas as condições necessárias por parte do utilizador que disponibilizou o exame para análise, será dada a indicação de erro no módulo da aplicação, através do campo de retorno *PdfCreateStatus*.

Na aplicação o utilizador (médico) visualizará uma mensagem informativa devolvida por parte do Webservice que indicará de um modo geral como correu o processo de envio do relatório.

6.3 Implementação do Portal Web

Neste subcapítulo é descrito o desenvolvimento do Website que suporta o sistema de informação da Central de Tele-ECG. Este portal é especialmente utilizado pelos técnicos das diversas Instituições produtoras de informação para submeter exames para leitura e análise.

A descrição apresentada dá especial ênfase aos blocos de código mais significativos para o correcto funcionamento da mesma. Para implementação do Website pretendido, foi necessário passar por um diverso conjunto de processos, que são apresentados de seguida.

6.3.1 Aspecto do Website

Na implementação do Website foi necessário utilizar uma imagem intuitiva e de fácil assimilação. Desde logo, a página de abertura do mesmo é focado no aspecto de Login, contendo também um cabeçalho que indica o nome da plataforma (Figura 31).

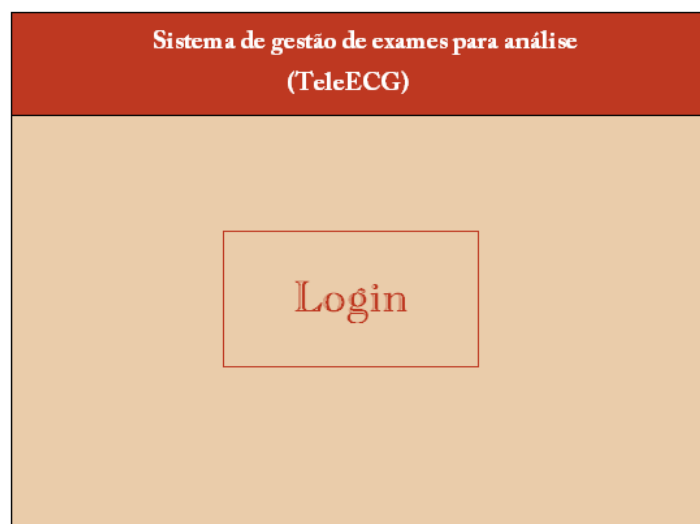


Figura 31: Estrutura da página de abertura do Website

Após a autenticação do utilizador, todas as páginas do Website possuem uma estruturação de navegação idêntica (Figura 32), o que permite aos utilizadores da plataforma navegarem pelas diversas áreas sem que hajam alterações significativas da

estrutura, evitando a necessidade de memorização e diferenciação do processo de navegação pelas diversas áreas.

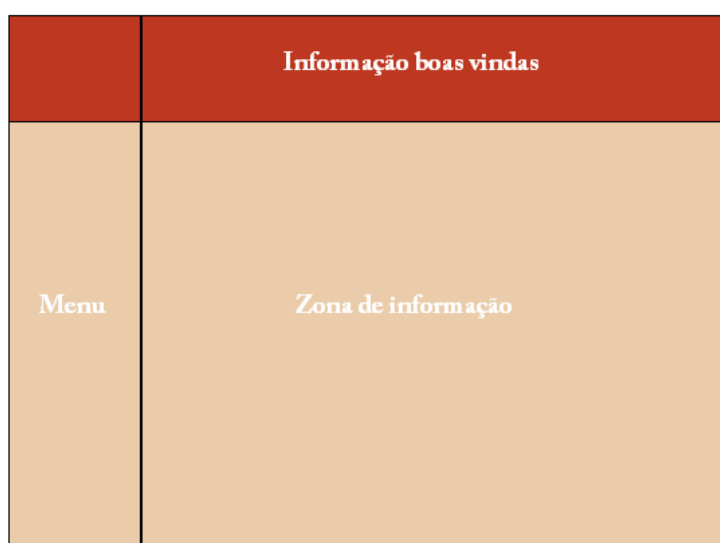


Figura 32: Estrutura de navegação

6.3.2 Autenticação do utilizador

Pela abertura do Website, este apresenta ao utilizador a possibilidade de autenticar-se perante o sistema. As credenciais de acesso estão armazenadas na base de dados no servidor. Todo este procedimento está ilustrado na Figura 33.

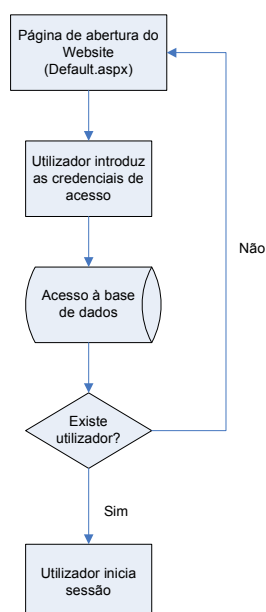


Figura 33: Fluxograma do processo de autenticação

6.3.3 Disponibilização de exames para análise

Após uma correcta autenticação do utilizador perante o sistema, este inicia sessão e é redireccionado automaticamente para a página de upload de exames. Neste item, tem a possibilidade de enviar os exames residentes em unidades de armazenamento locais para análise. Todo este processo pode ser evidenciado na Figura 34.

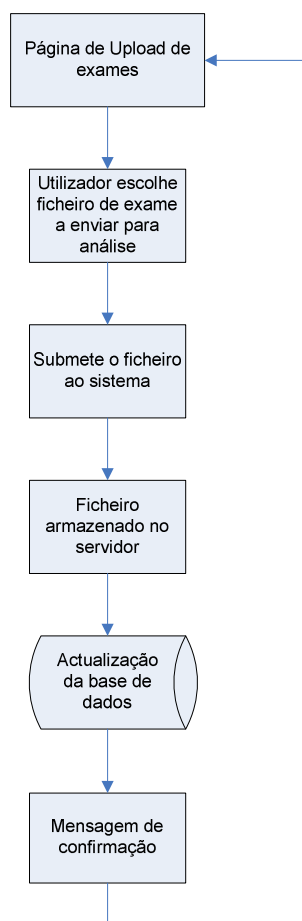


Figura 34: Fluxograma do processo de Upload de exame

A actualização da base de dados consiste em colocar o exame recebido na Central no estado de disponível para análise, preenchendo os seguintes atributos contidos na tabela referente aos exames:

- **ID_Exame** – ID único atribuído automaticamente ao exame.
- **Xml_finename** – Nome do ficheiro XML do exame enviado.
- **Xml_path** – Caminho virtual onde se encontra o ficheiro xml no servidor.
- **Xml_timestamp** – Data e hora da recepção do ficheiro xml por parte do servidor.

- **isAnalysed** – False.
- **isBeingProcessed** – False.
- **ID_User** – ID do utilizador que disponibilizou o exame para análise.
- **ID_Inst** – ID da Instituição que está relacionada com o exame.

6.3.4 Consultar relatórios

Pela escolha da opção de consultar relatórios presente no Menu, o utilizador poderá visualizar os relatórios dos exames enviados anteriormente para análise. O processo envolvido neste acto, está ilustrado na Figura 35.

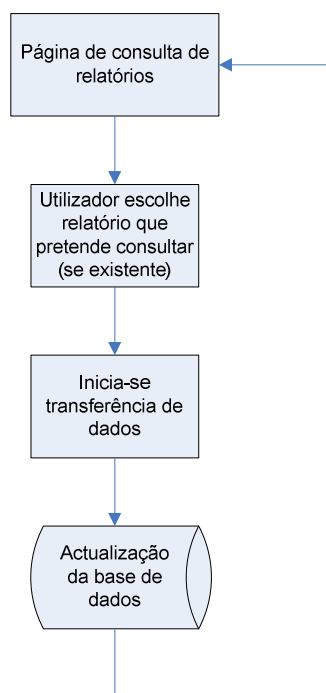


Figura 35: Fluxograma do processo de consulta de relatórios

A actualização da base de dados neste processo consiste em colocar o atributo “*Pdf_downloaded*” do respectivo exame a “*True*”, deste modo fica sinalizado que este relatório já foi visualizado pelo menos uma vez.

6.3.5 Alterar dados da conta

O utilizador pode alterar os dados pessoais e as credenciais de acesso ao sistema, escolhendo a opção de alterar dados da conta no Menu. O processo envolvido nesta acção está representado na Figura 36.

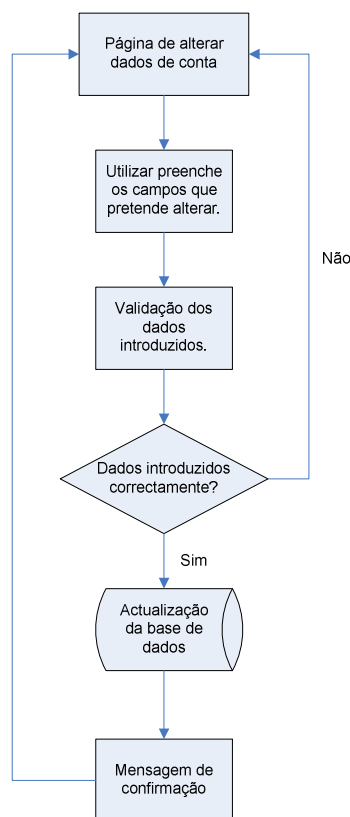


Figura 36: Fluxograma do processo de alteração dos dados da conta

6.3.6 Terminar sessão

O utilizador pode terminar a sessão a qualquer momento, escolhendo a opção “*LogOut*” presente na zona de informação.

Por motivos de segurança, em caso de inactividade do utilizador perante o sistema durante um tempo definido pelo administrador, a sessão correspondente expirará.

7 Resultados:

Este capítulo, está subdividido em duas áreas: resultados da aplicação cliente desenvolvida para o uso por parte dos médicos cardiologistas e os resultados obtidos com desenvolvimento do Portal Web de suporte à Central de Tele-ECG. Deste modo é descrito o desenvolvimento do sistema focando os blocos mais significativos para o seu correcto funcionamento.

7.1 *ECGViewer* – plataforma de visualização e realização de relatórios ECG

A plataforma para visualização e criação de relatórios ECG por parte dos cardiologistas, teve como objectivo principal a facilidade de utilização, para que não seja necessária grande formação para a gerir.

O ECGViewer quando executado, abre uma janela de autenticação. Nesta janela, os utilizadores devem introduzir as suas credenciais de acesso, tais como estão definidas na base de dados do servidor Web. Esta janela de autenticação pode ser visualizada na Figura 37.



Figura 37: Janela de autenticação

Caso as credenciais introduzidas não sejam válidas, o programa dará erro, pedindo para voltar a introduzir as credenciais. Como já foi referido, toda a comunicação que existe entre a plataforma ECGViewer e o servidor Web é feita via Webservice.

Após serem validadas positivamente as credenciais do utilizador, o próximo passo será a escolha do exame para análise por parte do cardiologista. Para isso, é realizada uma amostragem dos exames que o utilizador tem disponível para análise (Figura 38), indicando também informações importantes, nomeadamente o nome do ficheiro, a data de recolha do exame e a Instituição associada. Caso não existam exames para análise, no determinado momento, será dada essa informação ao utilizador.

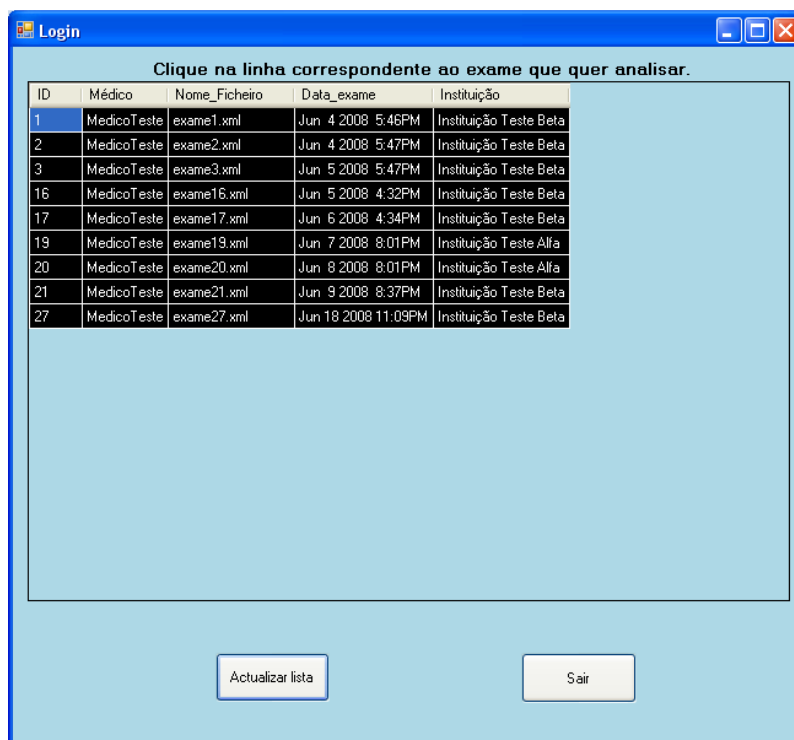


Figura 38: Listagem dos exames disponíveis para análise

O utilizador apenas tem de seleccionar o exame que pretende analisar, e a aplicação automaticamente desencadeia o processo de Download do mesmo de modo a proceder à sua representação gráfica. Uma vez mais optou-se por uma interface humano-computador muito fácil e intuitiva, sem criar margens para dúvidas no que o utilizador tem de fazer para prosseguir ao passo seguinte.

Concluído este processo é aberta uma nova janela responsável pela representação de toda a informação do ECG necessária para uma interpretação por parte do utilizador. O aspecto desta janela está representado na Figura 39.

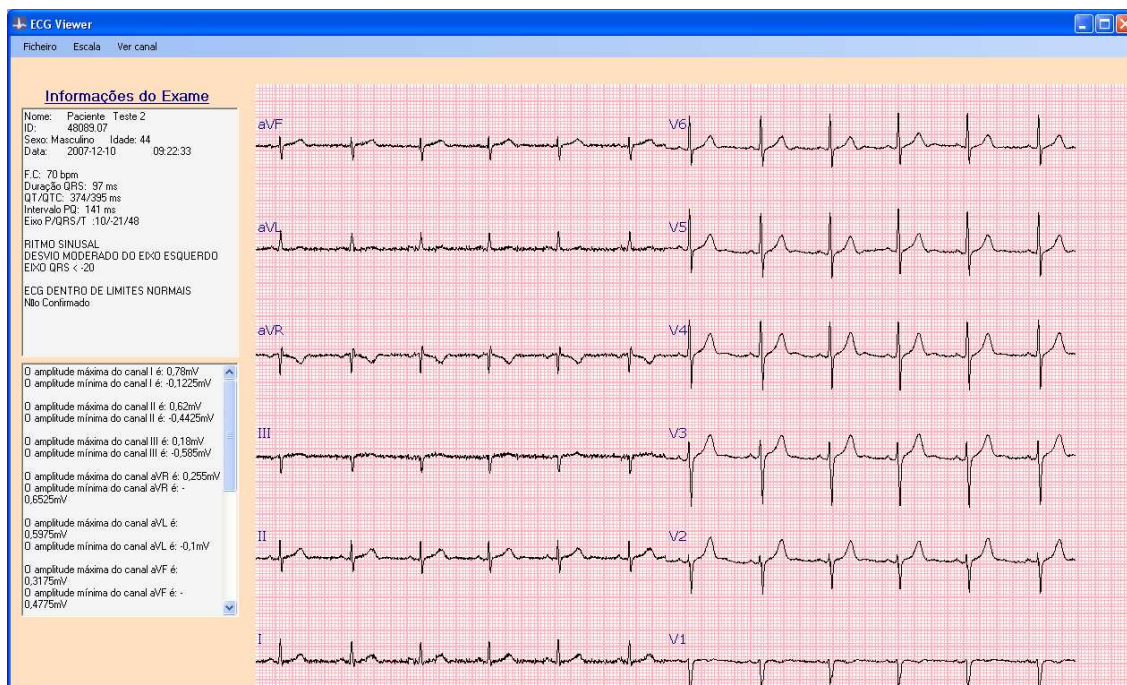


Figura 39: Janela de visualização dos dados

Como se pode analisar pela figura, é feita a visualização de 12 sinais simultaneamente, indicando o respectivo nome associado a cada derivação.

Basicamente, o cardiologista tem tudo o que necessita para realizar o relatório, nesta janela. Do lado esquerdo estão representadas as informações retiradas, por meio de *parsing* do exame escolhido, nomeadamente o nome do paciente, o ID associado, sexo, idade e data de aquisição do exame e informação mais técnica, tal como o batimento cardíaco, duração QRS, etc. Todas estas informações são importantes para o cardiologista realizar o diagnóstico.

A aplicação faz também a análise da amplitude máxima e mínima de cada derivação, de maneira a fornecer uma ajuda extra na percepção destes valores por parte do cardiologista.

Como é evidente, o componente que mais se destaca nesta janela, é a ferramenta que disponibiliza o gráfico dos diversos sinais. Esta ferramenta apresenta uma grelha semelhante ao papel milimétrico, normalmente utilizada nos electrocardiogramas em

formato papel. Para isso, a cada 5 linhas verticais e horizontais é colocado uma linha de espessura maior, para uma mais fácil percepção da escala.

O sinal que é representado, não sofre qualquer processamento a nível de filtros, já que os sinais de teste que foram utilizados verificaram-se ser bastante “limpos”, sem grandes ruídos presentes. Tal ferramenta também estava fora do âmbito deste trabalho.

Quando é realizado o gráfico dos sinais, a escala por defeito é aquela que é mais utilizada pelos cardiologistas, ou seja, 10mm/mv para o eixo dos yy e 25mm/s para o eixo dos xx. Apesar disto, o utilizador tem a possibilidade de representar os sinais em diferentes escalas caso entenda necessário. As escalas possíveis para o eixo dos yy são de 5mm/mv, 10mm/mv e 20mm/mv. Enquanto que para o eixo dos xx, é possível a escolha das escalas 25mm/s e 50mm/s.

Uma vez analisado o sinal, as informações demográficas e os eventos do electrocardiograma, é possível escolher a opção de criação de relatório. Uma vez mais, é aberta uma nova janela, contendo um formulário onde é possível a introdução e/ou alteração de diversos dados, assim como notas adicionais. O aspecto deste formulário é uma vez mais, de simples utilização de modo a não serem criadas margens para dúvidas no preenchimento do relatório. Este formulário tem o aspecto representado na Figura 40.

Figura 40: Formulário de preenchimento do relatório

Como se pode verificar na figura, os dados demográficos (nome, ID, sexo e idade) e a data de aquisição do exame, está com uma cor de fundo cinza e estes campos não podem ser editados, já que são dados únicos do paciente. Por outro lado, os campos relativos aos eventos do electrocardiograma podem ser editados, se o cardiologista achar necessário. Do lado direito, é representado a interpretação automática (caso exista) gerada pelo electrocardiógrafo que realizou o recolher dos dados, deste modo, o cardiologista tem a possibilidade de utilizar parte do conteúdo da interpretação realizada de forma automatizada. Isto é, se a interpretação do equipamento não está correcta ou é incompleta pode proceder às suas alterações. É ainda possível introduzir notas adicionais.

Quando terminada a formulação do relatório, o utilizador terá de escolher a opção “Enviar relatório”. A escolha desta opção desencadeia um processo de comunicação com o servidor para o envio dos dados de modo a ser criado o relatório no servidor em formato PDF.

O utilizador da aplicação ECGViewer, i.e. o médico cardiologista, após seleccionar a opção de envio do relatório, será avisado com uma mensagem de informação retornada por parte do servidor e que pode conter as seguintes mensagens:

- “O relatório foi enviado correctamente para o servidor. No entanto houve um erro ao enviá-lo para o e-mail do utilizador!”
- “Relatório enviado correctamente para o servidor e para o e-mail do utilizador!”
- “O relatório foi enviado correctamente para o servidor! O utilizador não possui um e-mail atribuído, logo não foi possível o envio do relatório para o mesmo.”
- “Erro ao enviar relatório!”

Depois de realizado o relatório, o utilizador pode seleccionar a opção de analisar outro exame, voltando à lista inicial, ou sair do programa.

Tal como se pode verificar neste ponto do trabalho, o módulo de visualização e relatório interage com a Central de Tele-ECG exclusivamente através de Webservice. Em suma, as principais características da aplicação ECGViewer são as seguintes:

- Autenticação do utilizador

- Visualização dos exames disponíveis para análise, indicando o nome do ficheiro, data de aquisição e a instituição ao qual está associado.
- Intuitiva visualização dos sinais, com a capacidade máxima de 12 canais.
- Alteração de escala temporal e de amplitude.
- Visualização rápida dos dados clínicos do paciente, assim como a interpretação automática (se existente) gerada pelo electrocardiógrafo.
- Detecção da amplitude máxima e mínima de cada canal.
- Opção de visualização de apenas um canal (duração completa) na escala 10mm/mv, 25mm/s com a indicação da duração total do sinal.
- Geração de relatórios, em formato PDF que é enviado para o servidor. Este pode ou não ser reencaminhado para o e-mail do utilizador que disponibilizou o exame para análise, consoante este tenha ou não no seu registo, na base de dados, uma conta de e-mail válida.

7.2 Portal da Central de Tele-ECG

Para os técnicos das diferentes Instituições realizarem as suas tarefas apenas têm de ter uma ligação à Internet e aceder via Web Browser ao Portal desenvolvido para o efeito. Tal como já foi referido, este Website permite o Upload de exames capturados, o Download dos relatórios dos mesmos e ainda a alteração dos dados da sua conta pessoal. Este Portal permite ainda que os técnicos possam aceder ao histórico e efectuar gestão da sua conta.

O Website desenvolvido foi concebido de modo a ser, mais uma vez, de fácil e intuitiva utilização, facilitando o acesso aos diversos conteúdos, e não necessitando de grandes larguras de banda para navegar nos seus conteúdos.

A página de abertura deste Website é a ilustrada na Figura 41.

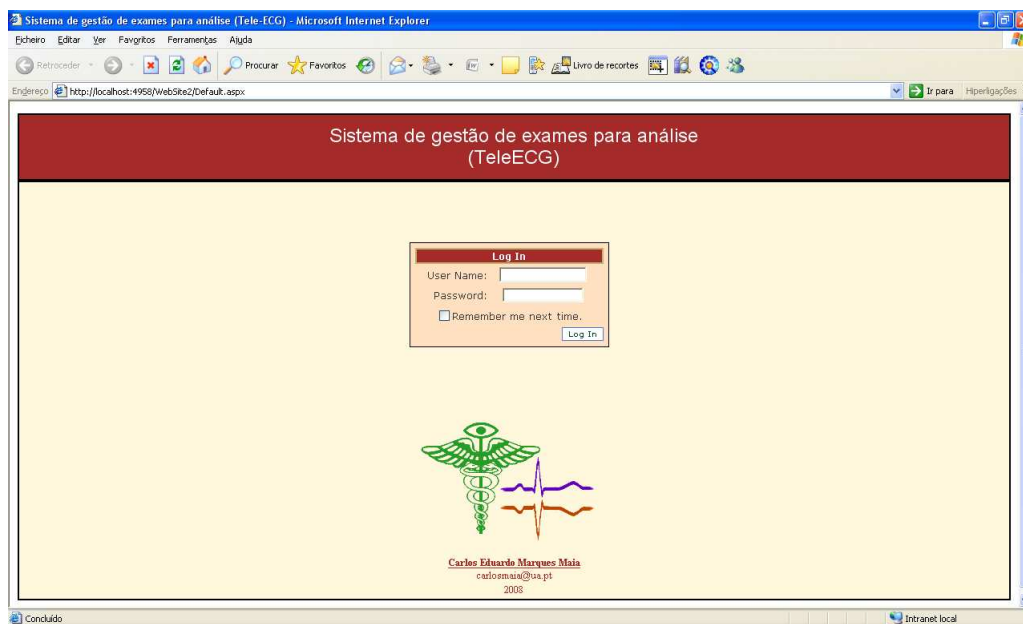


Figura 41: Página de abertura do Website desenvolvido

Como se pode verificar pela análise da Figura 41, a página de abertura é bastante simples, focada no aspecto de autenticação do utilizador, através do componente de Login. É possível ainda enviar um e-mail ao administrador do Website, de forma a solicitar suporte, seleccionando o endereço no fundo da página.

Depois de uma correcta autenticação por parte do utilizador, este inicia a sessão no sistema, abrindo de imediato a página, por defeito, de upload de exames. O aspecto geral desta página está ilustrado na Figura 42.

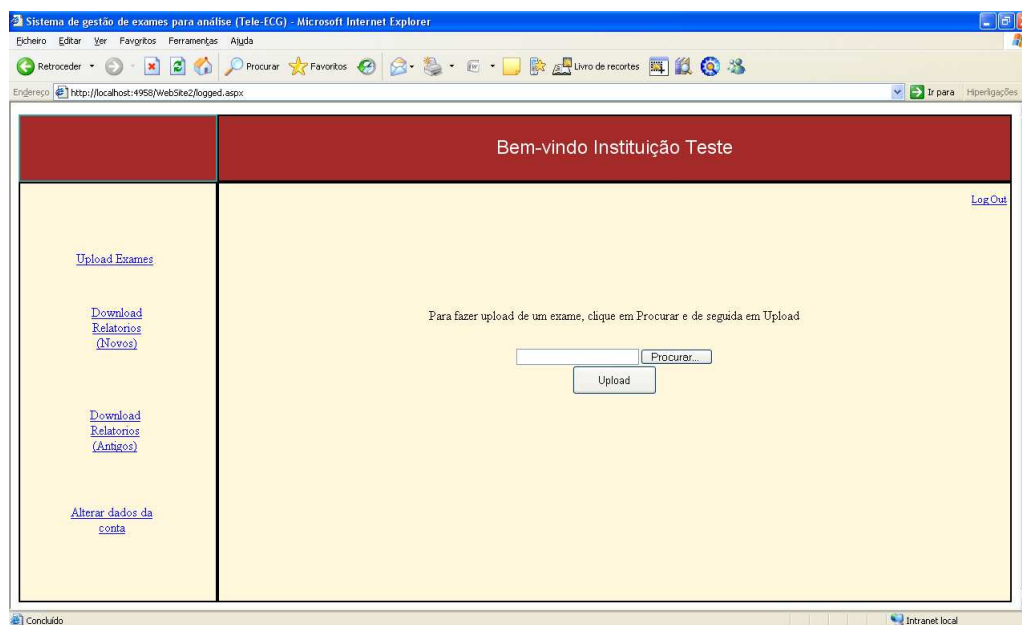


Figura 42: Página de upload de exames

Como se pode observar pela figura anterior, a página de abertura é composta por 3 frames. A frame superior consiste na mensagem de boas vindas, indicando o nome da Instituição correspondente às credenciais utilizadas na autenticação do sistema. A frame do lado esquerdo suporta todas as acções possíveis a serem seleccionadas pelo utilizador, nomeadamente o upload de exames, download de relatórios disponíveis (novos ou já anteriormente visualizados), e alterar dados da conta. Todos estes passos serão descritos de seguida.

A zona de informação (frame central) suporta sempre as acções associadas a realização das tarefas pretendidas, correspondentes à selecção das opções no menu. A opção de “*Log Out*” está sempre presente no canto superior direito e possibilita ao utilizador terminar a sua sessão.

Por motivos de segurança, caso o utilizador esteja inactivo durante mais de 15 minutos, a sua sessão é encerrada e o utilizador terá de realizar novo processo de autenticação no sistema.

Na opção de “Upload de Exames”, a frame central suporta a opção de o utilizador procurar, nas unidades de armazenamento do computador, ficheiros XML correspondentes a exames que necessitam de ser enviados para análise. Quando seleccionado um exame a ser enviado dentro da opção de “Upload”, é iniciada uma transferência do exame para a unidade servidor central, sendo este registado na base de dados existente. Depois desta transferência ser concluída com sucesso, uma mensagem de confirmação é apresentada ao utilizador.

Relativamente à consulta de relatórios realizados, após ser seleccionada a opção de Download de Relatórios (novos ou antigos) é apresentada uma grelha na frame central com uma listagem dos registos existentes na base de dados. A ilustração destas duas opções pode ser observada na Figura 43.

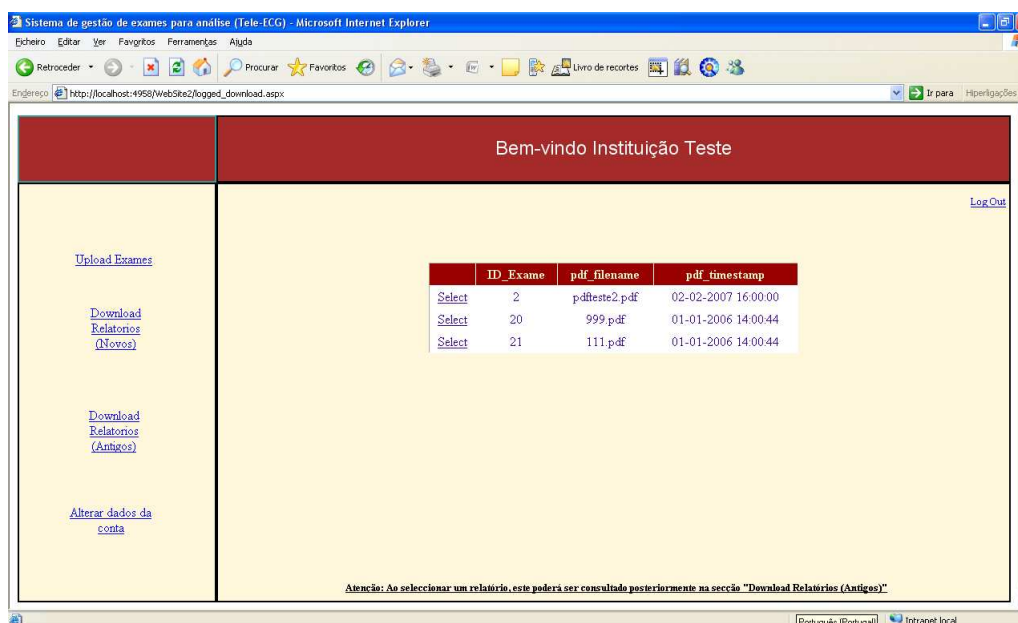


Figura 43: Página de download de relatórios (novos ou antigos)

Como é ilustrado na Figura 43, é apresentada uma tabela que dá a conhecer ao utilizador os relatórios disponíveis para download, juntamente com informações associadas ao mesmo, nomeadamente o ID do exame, o nome do ficheiro do relatório em formato PDF e a data e hora de criação do mesmo no sistema.

O utilizador para visualizar/descarregar o relatório pretendido, apenas terá de seleccionar o *hyperlink* “Select” correspondente ao mesmo. Deste modo, o browser utilizado mostrará a possibilidade de abertura imediata do relatório (necessita de um visualizador de ficheiros PDF instalado) ou, por outro lado, o download do ficheiro para uma unidade de armazenamento local, tal como pode ser evidenciado na Figura 44.

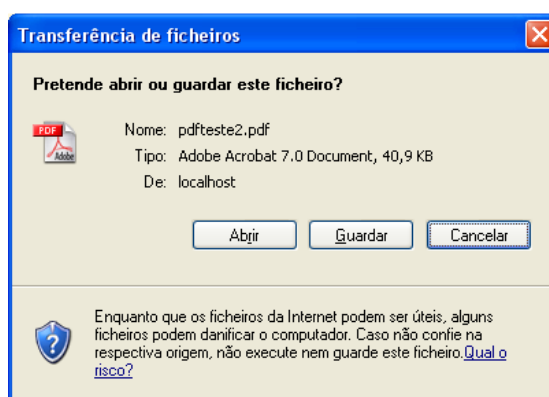


Figura 44: Transferência do ficheiro relativo ao relatório seleccionado

Após a visualização/descarregamento de um novo relatório (na secção de relatórios novos), este passará a ser disponível para posterior consulta na área de “Download de Relatórios (antigos)”, caso seja necessário.

Por fim, o Website permite a alteração dos dados associados à conta do utilizador, nomeadamente o seu nome, e-mail e as suas credenciais de acesso ao sistema. A Figura 45 fornece informação visual sobre o aspecto desta selecção.

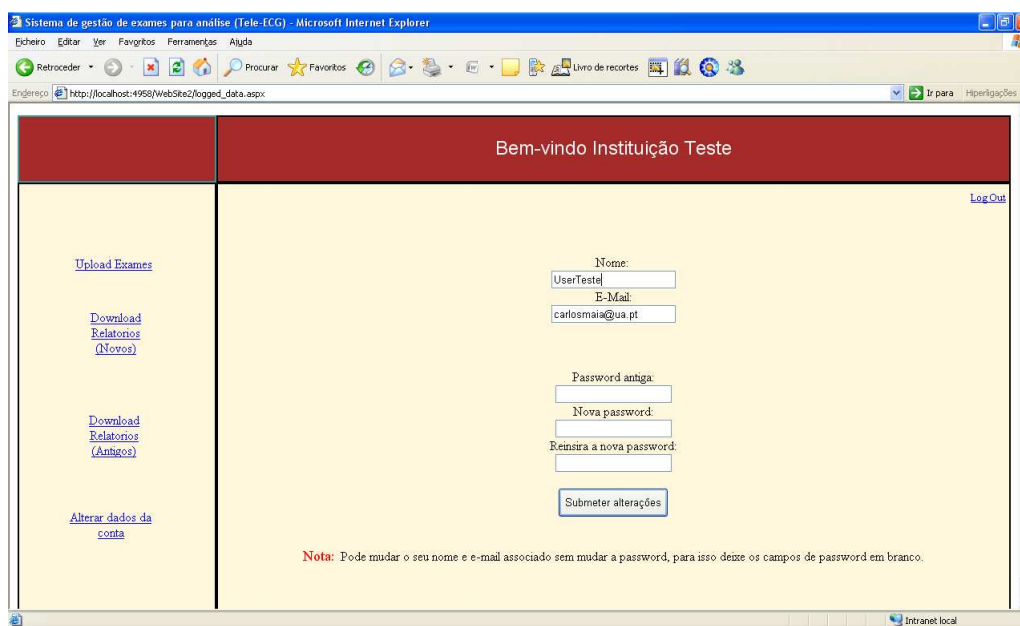


Figura 45: Página de alteração dos dados da conta

Tal como é evidenciado na Figura 45, existe uma nota em rodapé que informa o utilizador sobre a possibilidade de alterar o seu nome e e-mail associado à sua conta, sem que para isso tenha de alterar a password, sendo necessário para isso deixar estes últimos campos sem preenchimento. Caso o utilizador queira alterar a sua password de acesso ao sistema terá, por razões de segurança, de fornecer a password antiga e digitar uma nova password com o mínimo de 6 caracteres.

Para realizar com sucesso qualquer alteração, o utilizador terá de seleccionar a opção “Submeter alterações”, que iniciará uma comunicação com o servidor e a respectiva base de dados. Uma mensagem com informação relativa ao sucesso ou insucesso da operação será apresentada ao utilizador.

Em suma, as principais características do Website são as seguintes:

- Autenticação do utilizador
- Upload de exames para o servidor, associando-o ao utilizador/instituição e consequentemente a um ou mais médicos cardiologistas.
- Capacidade de visualização/download de relatórios em formato PDF, fornecendo a informação do nome do ficheiro e a sua data da sua criação.
- Capacidade de visualização/download de relatórios que já foram anteriormente consultados, mas que se mantêm no sistema como histórico.
- Alterar dados da conta (nome, e-mail e/ou password de acesso).

8 Conclusões

Este estudo apresenta um trabalho de pesquisa e aplicação de tecnologias de informação e telecomunicações na área de prestação de cuidados de saúde, mais especificamente na telecardiologia. A utilização de um sistema como aquele que foi desenvolvido, potencia uma melhoria na eficácia da prestação dos cuidados de saúde, assim como o melhoramento da qualidade de vida em zonas subdesenvolvidas ou geograficamente isoladas, possibilitando a diminuição do intervalo de tempo entre a aquisição dos exames e uma correcta interpretação por parte de especialistas.

O solução desenvolvida foi sujeita a vários testes operacionais e de robustez, incluído a plataforma Cliente de leitura de exames, o Portal Web, os Webservice e a base de dados. Os elementos anteriores foram testados individualmente e em interacção mútua, com sucesso. Foi possível verificar que todos os objectivos inicialmente definidos para o desenvolvimento da Central Tele-ECG foram alcançados.

A implementação deste sistema no âmbito da telemedicina apresenta-se como uma solução fácil, económica e fiável para suporte ao diagnóstico de doenças cardiovasculares em qualquer parte do mundo, contribuindo para o desenvolvimento de um sistema global de prestação de cuidados de saúde eficaz.

O sistema foi implementado com recurso às ferramentas tecnológicas mais actuais na área de engenharia de *software*, permitindo um desenvolvimento rápido e integrado.

Apesar dos resultados positivos alcançados com a implementação da Central de Tele-ECG, foram identificados pontos de melhoria, nomeadamente na área dos conteúdos das interfaces gráficas e no tratamento digital do sinal. Neste último, poderão ser implementados filtros de modo a retirar eventual ruído presente nos sinais utilizados.

Futuramente, seria também importante integrar diferentes formatos de ficheiros ECG, já que nesta fase a aplicação de visualização dos sinais apenas suporta o formato XML proprietário do fabricante Mortara. A aplicação foi desenvolvida de modo a permitir a adição de diferentes formatos existentes no mercado, bastando para isso desenvolver módulos específicos de *parsing*. Esta implementação modular potencia uma extensão da plataforma aos restantes formatos de ECG, garantido assim a desejada

interoperabilidade de sistemas e criando um solução aplicacional mais flexível e “interessante” para as necessidades do mercado.

Bibliografia:

1. Andy Marsh, L.G., Tuomo Kauranne, *Advanced Infrastructures for Future Healthcare*. 2000.
2. Norris, A.C., *Essentials of Telemedicine and Telecare*. 2002.
3. Karen M. Zundel, M.L.S., AHIP (1996) *Telemedicine: history, applications, and impact on librarianship*. Volume,
4. Carmen Muller-Karger, S.W., Alexandra La Cruz, *The IV Latin American Congress on Biomedical Engineering, CLAIB2007*. 2007.
5. ATA. <http://www.americantelemed.org/news/definition.html>.
6. Vaz, F.A.C., *Telemedicina: Impacto e desafios das tecnologias da informação e telecomunicações na área da saúde*. 1994.
7. INE/UMIC, *Inquérito à Utilização de Tecnologias da Informação e da Comunicação nos Hospitais 2006*.
8. Richard Wootton, J.B., *Telepediatrics: Telemedicine and Child Health*. 2005.
9. Aviv, *Adoptada pela 51ª Assembléia Geral da Associação Médica Mundial em Tel Aviv, Israel*.
10. Oliveira, F.M. *Telemedicina: conceitos, aplicações, aspectos ético-legais e desafios*. 2007
11. Mondaini, M., *Direitos Humanos*. 2006.
12. George Edward Burch, N.P.D., *A History of Electrocardiography*. 1990.
13. Northrop, R.B., *Noninvasive Instrumentation and Measurement in Medical Diagnosis*. 2001.
14. François-Georges Lavacquerie, C.M.-B., *Grande Biblioteca Médica*. 2005.
15. Hicks, G.H., *Cardiopulmonary Anatomy and Physiology*. 2000.
16. Jardins, T.D., *Cardiopulmonary Anatomy Physiology, Fourth Edition*. 2002.
17. Reyes, E.F.d.l., *Anatomia Humana*. 1998.
18. T. Catalano, C., *Guide to ECG Analysis*. 2001.
19. Springhouse, G.J.A., M.D. , Cheryl A. Bean, Mary Ann Boucher, *ECG Interpretation*. 2007.
20. Davis, D., *Quick and Accurate 12-lead ECG Interpretation*. 2005.

21. Eugene Braunwald, D.P.Z., Peter Libby, *Tratado de medicina cardiovascular*. 6ª ed. 2003.
22. Frank G. Yanowitz, M.D. *ECG Learning Center in Cyberspace*. 2006 [cited.
23. Galen S. Wagner, H.J.L.M., *Marriott's Practical Electrocardiography*. 10ª ed. 2000.
24. V.A.Plotnikov, D.A.P., S.V. Selishchev. *The SCP-ECG Standard in Electrocardiographic Software Systems*. 1999 [cited.
25. Gussak, I., *Cardiac Repolarization: Bridging Basic and Clinical Science*. 2003.
26. Joel Morganroth, I.G., *Cardiac Safety Of Noncardiac Drugs*. 2005.
27. F Badilini, L.I. *Freeware ECG Viewer for the XML FDA Format*. 2004 [cited.
28. R. Fischer, C.Z. *How to Implement SCP*. 2003 [cited.
29. Leondes, C.T., *Computational Methods in Biophysics, Biomaterials, Biotechnology and Medical Systems*. 2003.